

# **Ablauf und Beeinflussungsmöglichkeiten der Proteolyse während der Silierung von Weidelgras und Luzerne**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum agriculturalium  
(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der  
Lebenswissenschaftlichen Fakultät der  
Humboldt-Universität zu Berlin

Von

Simone Roscher, geb. Nitschke

Präsidentin der Humboldt Universität zu Berlin  
Prof. Dr. Ing. Dr. Sabine Kunst

Dekan der Lebenswissenschaftlichen Fakultät  
Prof. Dr. Bernhard Grimm

Gutachter:   1. PD Dr. Helmut Schafft  
                  2. Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Oktober 2017

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungsverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	IX
Tabellenverzeichnis .....	XIII
1 Einleitung.....	1
2 Oberziele und Arbeitshypothesen.....	5
3 Literaturübersicht – Proteolyse während der Silierung von Grünlandaufwüchsen: Welche Einflussgrößen und Möglichkeiten der Beeinflussung existieren? .....	7
3.1 Anforderungen an hohe Qualitäten sowie hohe ernährungsphysiologische Eigenschaften des Siliergutes .....	7
3.2 Proteolyse während der Silierung .....	8
3.2.1 Beeinflussung der Proteolyse.....	10
3.3 Rechtliche Einordnung von Silierzusatzstoffen und ihr Einfluss auf die Silagequalität .	12
3.4 Tannine – natürliches Vorkommen.....	14
3.4.1 Gewinnung von Tanninen.....	15
3.4.2 Charakterisierung der Tannine als Silierzusatz.....	17
3.4.3 Hydrolysierbare Tannine .....	21
3.4.4 Kondensierte Tannine .....	23
3.4.5 Ernährungsphysiologische Bedeutung der Tannine in der Wiederkäuerfütterung .....	25
3.4.5.1 Bedeutung tanninhaltiger Pflanzenextrakte während der Silierung .....	26
3.4.5.2 Wirkung der Tannine während des Proteinumbaus im Pansen .....	30
3.4.5.3 Effekte der kondensierten Tannine auf tierische Produkte .....	33
3.4.5.4 Weitere Bedeutungen / Effekte der Tannine in der Fütterung von Wiederkäuern..	38
3.4.5.5 Deaktivierung von Tanninen.....	42
4 Material und Methoden .....	45

## II

4.1	Pflanzenmaterial für die Silierversuche .....	47
4.2	Tanninhaltige Pflanzenextrakte .....	48
4.3	Silierzusatzstoffe.....	50
4.4	Methoden .....	50
4.4.1	Aufbau der Silierversuche mit Weidelgras (Jahr 2011).....	51
4.4.2	Methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen mit Luzerne (Jahr 2013) .....	53
4.4.3	Analytik.....	56
4.4.3.1	Angewandte Analyseverfahren bei der Untersuchung des Ausgangsmaterials .....	56
4.4.3.2	Analyseverfahren zur Untersuchung der Silageproben.....	56
4.4.4	Auswertung der Ergebnisse .....	58
4.4.5	<i>In situ</i> -Methode .....	59
4.4.6	Bestimmung der (scheinbaren) Verdaulichkeit des Rohproteins im Hammelversuch .....	64
4.4.7	Statistische Auswertung .....	65
5	Ergebnisse.....	67
5.1	Ergebnisse der Silierversuche mit Weidelgras .....	67
5.2	Optischer Eindruck der Weidelgrassilagen.....	68
5.3	Analyseergebnisse der Weidelgrassilagen.....	69
5.3.1	Gärqualität im Gärverlauf .....	69
5.3.1.1	pH-Wert im Gärverlauf .....	70
5.3.1.2	Wasserlösliche Kohlenhydrate im Gärverlauf .....	70
5.3.1.3	Ammoniakstickstoff.....	71
5.3.1.4	Gärsäuren .....	71
5.3.1.5	Zucker.....	73
5.3.2	Futterqualität der Weidelgrassilagen .....	73
5.3.2.1	Rohnährstoffe .....	74
5.3.2.2	Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation .....	75
5.3.2.3	Hohenheimer Futterwerttest.....	75
5.3.3	Proteinqualität im Verlauf der Gärung.....	76
5.3.3.1	Proteinlöslichkeit.....	77
5.3.3.2	Pansenstabiles Protein (UDP) .....	78
5.3.3.3	Fasergebundenes Protein.....	79
5.3.3.4	Rohproteinfraktionen (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) .....	79
5.3.3.5	Zusammenfassung der Proteinqualität .....	84

5.3.4	Nutzbares Rohprotein am Duodenum und Ruminale N-Bilanz.....	85
5.4	Ergebnisse der <i>in situ</i> -Versuche .....	85
5.5	Silierversuche mit Luzerne und Hornklee als Referenzpflanze .....	88
5.6	Phenolhaltige Verbindungen der tanninhaltigen Pflanzenextrakte.....	91
5.7	Sensorischer Eindruck der Luzernesilagen.....	91
5.8	Analyseergebnisse der Luzernesilagen.....	92
5.8.1	Gärqualität im Gärverlauf.....	92
5.8.1.1	pH-Wert.....	92
5.8.1.2	Ammoniakstickstoff.....	93
5.8.1.3	Zusammensetzung der Gärsäuren in den Luzernesilagen .....	94
5.8.1.4	Alkohole .....	97
5.8.1.5	Zucker.....	99
5.8.2	Futterqualität im Gärverlauf.....	99
5.8.2.1	Rohnährstoffe .....	99
5.8.2.2	Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation .....	104
5.8.2.3	Hohenheimer Futterwerttest.....	105
5.8.3	Proteinqualität im Verlauf.....	105
5.8.3.1	Proteinlöslichkeit.....	106
5.8.3.2	Pansenstabiles Protein .....	107
5.8.3.3	Fasergebundenes Protein.....	109
5.8.3.4	Rohproteinfraktionen .....	110
5.8.3.5	Zusammenfassung der Proteinqualität .....	112
5.8.4	Nutzbares Rohprotein am Duodenum und ruminale N-Bilanz.....	113
5.9	N-Bilanzversuche mit Luzerne .....	114
6	Diskussion .....	117
6.1	Eigene Ergebnisse.....	117
6.1.1	Auffälligkeiten .....	119
6.1.2	Proteinqualität .....	120
6.1.3	Silierbarkeit.....	125
6.1.4	Bewertung des Versuchsaufbaus sowie der eigenen Ergebnisse .....	126
6.2	Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Verdaulichkeit der Futterbestandteile.....	127
6.3	Tanninquellen .....	129

6.4	Tanninzusammensetzung und -homogenität .....	130
6.5	Rechtliche Einordnung der Tannine .....	131
6.6	Weitere Wirkungsrichtungen und Einsatzgebiete tanninhaltiger Pflanzenextrakte .....	133
6.7	Tannine in Silagen .....	135
6.8	Verbleib der Tannine .....	136
6.9	Tanninhaltige Pflanzenextrakte und ihr Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis .....	137
7	Schlussfolgerung und Ausblick .....	139
8	Zusammenfassung .....	141
	Summary .....	143
9	Verzeichnisse .....	145
9.1	Literaturverzeichnis .....	145
9.2	Verzeichnis der Verordnungen .....	156
9.3	Verzeichnis der in den Silierversuchen verwendeten Produkte .....	156
10	Anhang .....	157
10.1	Anhang - Literaturübersicht .....	157
10.2	Anhang – Material und Methoden .....	158
10.3	Anhang – Ergebnisse .....	163
10.3.1	Anhang – Ergebnisse den Silierversuchen mit Weidelgras (Jahr 2011) .....	163
10.3.2	Anhang – Ergebnisse aus den Silierversuchen mit Luzerne (Jahr 2013) .....	197
10.4	Anhang- Diskussion .....	228
	Danksagung .....	229
	Erklärung .....	230

## Abkürzungsverzeichnis

ADF	Säure-Detergenzien-Faser (engl.: acid detergent fibre)
ADF <sub>om</sub>	Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung
Adj. P	Adjustierte P (Tukey-Kramer Test)
ADL	Säure-Detergenzien-Lignin (engl.: acid detergent lignin)
AEVZ	Agrar- und ernährungswissenschaftliches Versuchszentrum
AIC	Akaiikes Informationskriterium (engl.: Akaike information criterion)
aNDF <sub>om</sub>	Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung
Bd.	Band
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
°C	Grad-Celsius
CAS No.	CAS-Registrierungsnummer (engl.: Chemical Abstracts Service Registry Number)
CLA	konjugierte Linolsäuren (engl.: conjugated linoleic acid)
CNCPS	Cornell Net Carbohydrate and Protein System
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
d	Tag
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
GAE	Gallussäure-Equivalente (engl.: gallic acid equivalents )
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
EG	Europäische Gemeinschaft
ELOS	enzymlösliche organische Substanz
FM	Frischmasse
FU	Freie Universität Berlin
g	Gramm
h	Stunde
ha	Hektar
HCL	Chlorwasserstoff
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie

HU	Humboldt-Universität zu Berlin
i.d. TM	in der Trockenmasse
K	Kelvin
KbE	koloniebildende Einheiten
kg	Kilogramm
KH	Kohlenhydrate
l	Liter
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LKS	Landwirtschaftliche Kommunikations- und Service-GmbH
LVG	Lehr- und Versuchsgut, Sachsen, Köllitsch
Max	maximal
ME	umsetzbare Energie (engl.: metabolizable energy)
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
mg	Milligramm
Min	minimal
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
n	Anzahl
N	Stickstoff
NDFom	Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung
NEL	Nettoenergie-Laktation
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sub>4</sub>	Ammonium
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
Nr.	Nummer
nRP	nutzbares Rohprotein am Duodenum
O	Sauerstoff
OT	Ortsteil
PA	Proanthocyanidin
PEG	Polyethylenglykol
PNDF	Protein-Neutrale-Detergenzien-Faser
ppm	Millionstel (engl. parts per million)



RNB	ruminale N-Bilanz
RP	Rohprotein
SAS	Statistiksoftware (engl. statistical analysis system)
SDS	Natrium-Dodecylsulfat (engl. sodium dodecyl sulphate)
SED	Standardfehler (engl. Standard Error of Deviation)
TLC	Dünnschichtchromatographie
TM	Trockenmasse
u.a.	unter anderem
UDP	pansenstabiles Protein (engl. undegraded Protein)
UDP5	pansenstabiles Protein (engl. undegraded Protein) mit einer Passagerate von 5 % pro Stunde (KIRCHHOF et al., 2010)
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
vgl.	vergleiche
µg	Mikrogramm
±	Standardabweichung um den Mittelwert

### **Verwendete Abkürzungen in den Versuchen**

mit Weidelgras:

BS	biologisches Siliermittel
CS	chemisches Siliermittel
M	Mimosa
Q	Quebracho

mit Luzerne:

CON	Kontrolle
FAR	Farmatan
HOR	Hornklee
MIM	Mimosa
QUE	Quebracho



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Tanningewinnung aus Quebrachoholz (SCHMIDT 2001) .....	17
Abbildung 2: Protein-Polyphenol-Komplex (HASLAM 1989).....	19
Abbildung 3: Chemische Struktur eines kondensierten (links) und eines hydrolysierbaren Tannins (rechts) (MCMAHON et al., 2000). ....	21
Abbildung 4: Allgemeine Struktur der Tanninderivate von Oolong-Tee und Schwarzem Tee (BEECHER 2003) .....	21
Abbildung 5: Hydrolyse von Ellagitannin (CLIFFORD und SCALBERT 2000) .....	22
Abbildung 6: Hydrolysierbare Tannine (links: Gallussäure und rechts: Ellagsäure) mit einer Esterverbindung und einem Hexoserest (MCMAHON et al., 2000) .....	23
Abbildung 7: Grundstruktur der kondensierten Tannine (SANTOS-BUELGA und SCALBERT, 2000).....	24
Abbildung 8: Kondensierte Tannine sind Polymere von Flavan3-ol oder Flavan-3,4-diol (MCMAHON et al., 2000) .....	24
Abbildung 9: Verhältnis des Gesamtstickstoffs (Gesamt-N), löslichen Stickstoffs (N) sowie des Ammoniakstickstoffs (Ammoniak-N) in den Silagen beeinflusst durch unterschiedliche Gehalte eines Kastanientannins (LAVRENÇIĆ und LEVART, 2006) .....	29
Abbildung 10: Effekt von Tanninen (oral gedrencht) auf den Wurmbefall von tropischen Schafen nach einer Gabe von 1,5 g Tanninen pro kg Körpergewicht (MAX et al. 2006) .....	42
Abbildung 11: Aufbau der Silierversuche (2011) mit Weidelgras .....	45
Abbildung 12: Aufbau der Silierversuche (2013) mit Luzerne.....	46
Abbildung 13: Ausgangsmaterial für die Silierversuche (Deutsches Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> L.) nach dem Schnitt (links) und als Häckselgut (mitte) sowie Luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L.) als Häckselgut (rechts)).....	48
Abbildung 14: In den Silierversuchen eingesetzte tanninhaltige Pflanzenextrakte: Quebracho- Extrakt (links), Mimosa-Extrakt (Mitte) und Farmatan® (rechts).....	49
Abbildung 15: Silierversuche mit Luzerne im Jahr 2013 (Fotos: S. Martens) .....	55
Abbildung 16: Schematische Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte bei der <i>in situ</i> - Methode (SÜDEKUM 2005) .....	62
Abbildung 17: Stoffwechselkäfige sowie Futterbehälter zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe .....	64

Abbildung 18: Darstellung des Inhaltes der Laborsilos (unabhängig von der Variante) an unterschiedlichen Öffnungsterminen: feucht, frei von Schimmel, gut verdichtet, homogenes Pflanzenmaterial.....	69
Abbildung 19: Proteinlöslichkeit im zeitlichen Verlauf über die Öffnungszeitpunkte (in Stunden) für die Versuchsvarianten Kontrolle, Zusatz des biologischen Siliermittels (BS), Quebracho (Q) und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Siliermittel (Q+BS).....	77
Abbildung 20: Pansenstabiles Protein (UDP5) im zeitlichen Verlauf über die Öffnungszeitpunkte (in Stunden) der Kontrolle sowie der Variante mit dem biologischen Siliermittel (BS), Quebracho (Q), und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Siliermittel (Q+BS) .....	78
Abbildung 21: Verlauf des Fraktion A-Gehaltes (in % des RP) von der Kontrolle (K) sowie der Variante mit Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System .....	81
Abbildung 22: Verlauf der Rohproteinfraktion B3 (in % des RP) über den Zeitraum von 96 Siliertagen der Kontrolle (K) sowie der Varianten Quebracho (Q) und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System .....	82
Abbildung 23: Verschwindensrate des Proteins in den Silagen, die 96 Tage siliert wurden, während der <i>in situ</i> -Versuche über einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden (h) kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016).....	86
Abbildung 24: UDP-Gehalte (in % des RP) ermittelt durch die <i>in situ</i> -Versuche der Silagen nach einer 96-tägigen Silierdauer mittels der Hausmethode „Enquete 324 M“ (RICHARDT 2003).....	87
Abbildung 25: Verschwindensrate der Trockenmasse (in %) der Silage mit einer Silierdauer von 96 Tagen, ermittelt durch die <i>in situ</i> -Versuche kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016) .....	88
Abbildung 26: Proteinlöslichkeit (bestimmt auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) der Kontrolle sowie der Varianten mit 3 % Quebracho und 3 % Mimosa über alle Öffnungstermine (nach 3, 10, 49, 90 und 180 Tagen) bei einer durchschnittlichen Trockenmasse der Silagen von 35 %.....	107

Abbildung 27: UDP5-Gehalte der Kontrolle sowie der Varianten mit 3 % Mimosa und Quebracho über die Öffnungstermine (nach 3, 10, 49, 90 und 180 Siliertagen) der Silagevariante mit durchschnittlich 35 % Trockenmasse .....	109
---	-----



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterteilung der Stickstofffraktionen im Futter nach ihrem enzymatischen Abbauverhalten im Pansen (LICITRA et al. 1996) .....	8
Tabelle 2: Prozentuale Anteile der Stickstofffraktionen und pH-Werte von frischer sowie silierter Luzerne über verschiedene Öffnungszeitpunkte (FAIRBAIRN et al., 1988; gekürzt).....	9
Tabelle 3: Rohproteinfraktionen (RP-Fraktion) und Gehalte des pansenstabilem Proteins (UDP) von drei Grassilagen mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten (36, 64 und 55 % TM) (SHANNAK et al., 2000).....	12
Tabelle 4: Gehalte kondensierter Tannine verschiedener Pflanzen auf dem Grünland in g/kg Trockenmasse (GOERITZ et al., 2009) .....	15
Tabelle 5: Behandlung von Grünlandaufwüchsen mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft vor dem Silieren.....	27
Tabelle 6: Rohnährstoffzusammensetzung der Versuchssilagen mit unterschiedlichen Gehalten (in g/kg) eines tanninhaltigen Kastanienextraktes (LAVRENČIĆ und LEVART, 2006).....	28
Tabelle 7: pH-Wert sowie Aufteilung des Gesamtstickstoffs in den Luzernesilagen nach 35 Siliertagen (GUO et al., 2007).....	30
Tabelle 8: Reduzierung (in %) des Ammoniumstickstoffs (NH <sub>4</sub> -N) und der <i>in vitro</i> -Abbaubarkeit gegenüber der Kontrolle nach dem Einsatz von Quebrachotanninen und Gerbsäure in unterschiedlichen Konzentrationen (nach GETACHEW et al., 2008) .....	31
Tabelle 9: Futteraufnahme und Milchleistungsparameter von Milchkühen (Holstein-Friesian), gedrencht mit 50 % Polyethylenglykol (PEG) oder Wasser (3,6 l/Tag), bei Aufnahme von Weidelgras oder <i>Lotus corniculatus</i> (WOODWARD et al., 2000) .....	33
Tabelle 10: Literaturzusammenstellung der Effekte der Supplementierung von Tanninen bzw. Tanninextrakten auf das Fettsäurenprofil in der Milch von Wiederkäuern .....	35
Tabelle 11: Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse der Fütterung von <i>Ceratonia siliqua</i> L. mit 20 bis 30 g Tanninen/kg Trockenmasse) auf die Fettsäurezusammensetzung im Muskelgewebe (g/100g identifizierter Fettsäuren*) von VASTA et al. (2007).....	36
Tabelle 12: Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse von VASTA et al. (2009a) zur Supplementierung von Quebracho zu einer Ration mit Wicke oder einem Konzentratfutter .....	37

Tabelle 13: Zusammenfassung der <i>in vitro</i> -Untersuchungsergebnisse von HASSANAT und BENCHAAAR (2013) zum Einsatz verschiedener tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf die Methanproduktion .....	40
Tabelle 14: Anzahl der Wiederholungen an den einzelnen Öffnungsterminen der Varianten der Silierversuche mit Weidelgras .....	46
Tabelle 15: Anzahl der Wiederholungen zu den Öffnungsterminen (in Tagen) der einzelnen Varianten je Trockenmassstufe (n=2) .....	47
Tabelle 16: Mittlere Zusammensetzung der im Jahr 2013 eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte (in % der TM).....	49
Tabelle 17: Angaben zu den Varianten der im Jahr 2011 durchgeführten Silierversuche sowie Bezeichnung der Versuchsvarianten in der vorliegenden Arbeit.....	51
Tabelle 18: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen im Jahr 2011 .....	51
Tabelle 19: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen auf Basis von Luzerne im Jahr 2013 .....	54
Tabelle 20: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen der Silierversuche im Jahr 2013...	54
Tabelle 21: Methoden zur Analytik des Ausgangsmaterials.....	56
Tabelle 22: Übersicht über die Analysemethoden zur Untersuchung der Silageproben.....	57
Tabelle 23: Mittlere Zusammensetzung der Ration der pansenfistulierten Milchkühe (Pansensaft-Spenderinnen).....	59
Tabelle 24: Mittlere Rohnährstoffzusammensetzung der Luzernesilagen mit und ohne Tanninzusatz.....	65
Tabelle 25: Mittlere Rohnährstoffzusammensetzung und Rohproteinqualität (kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System) des zu silierenden Grüngutes (Weidelgras) direkt nach dem Mähen (Versuchsjahr 2011) und nach einer 24-stündigen Anwelkphase .....	68
Tabelle 26: Mittlere pH-Werte und mittlere Gehalte der wasserlöslichen Kohlenhydrate (in % der TM) sowie des Ammoniakstickstoffgehaltes (NH <sub>3</sub> -N in % des Gesamt-N) der Weidelgrassilagen über die ausgewählte Öffnungstermine .....	70
Tabelle 27: Angaben zu den mittleren Milchsäure- sowie Essigsäuregehalten in den Versuchssilagen (Jahr 2011) nach 48 bzw. 96 Siliertagen (in % der TM).....	72
Tabelle 28: Mittlerer Zuckergehalt der Weidelgrassilagen nach ausgewählten Öffnungsterminen aller Versuchsvarianten (in g/kg TM).....	73



Tabelle 29: Mittlerer Rohnährstoff- und Zuckergehalt sowie Angaben zu den Faserfraktionen der Weidelgrassilagen nach 96 Siliertagen über alle Siliervarianten (Versuchsjahr 2011) (n=3).....	75
Tabelle 30: Angaben zu den Energiegehalten der Grassilagen (Umsetzbare Energie (MJ ME/kg TM) sowie Nettoenergie-Laktation (MJ NEL/kg TM)) und Angaben zu den Ergebnissen des Hohenheimer-Futterwerttests (HFT (ml/200 mg)) nach 48 bzw. 96 Siliertagen (d).....	76
Tabelle 31: Durchschnittliche Proteinlöslichkeit und UDP5-Gehalte (in % des RP) im Gärverlauf nach 96 Siliertagen der Versuchssilagen sowie der Kontrolle (n=3) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003).....	78
Tabelle 32: Angaben zum UDP5-Gehalt (in % des RP) aus den gemittelten Werten des 48. und 96. Öffnungstages ( $\alpha < 0,05$ ).....	79
Tabelle 33: Anteile des fasergebundenen Proteins (PNDF) der Grassilagen nach 96 Siliertagen aller Varianten (t-Test).....	79
Tabelle 34: Vergleich der Rohproteinfraktion A-Gehalte (in % des RP) der Siliervarianten über ausgewählte Öffnungszeitpunkte kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System.....	80
Tabelle 35: Prozentuale Gehalte der Proteinfraktion B3 (in % des RP) nach einer Silierstunde und nach 96 Siliertagen kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System.....	83
Tabelle 36: Rohproteinfraktionen (gemittelte Werte des 48. und 96. Öffnungstags) der Weidelgrassilagen (Versuchsjahr 2011) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System.....	84
Tabelle 37: Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nRP in g/kg TM) der Grassilagen nach 96 Siliertagen.....	85
Tabelle 38: Ruminale B-Bilanz (in g/kg TM) nach 48 und 96 Siliertagen.....	85
Tabelle 39: Mittlere Rohnährstoffgehalte (n=3) sowie Zuckergehalte des angewelkten Ausgangsmaterials für die Silierversuche mit Luzerne (2013) in Abhängigkeit vom angestrebten Trockenmassegehalt.....	88
Tabelle 40: Korrigierte Tanninzulagen (in %) bezogen auf die Trockenmasse (TM) .....	89
Tabelle 41: Kombinationseffekte der eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie der Tanninmengen zwischen den Siliervarianten nach 180 Siliertagen bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 % (dargestellt mittels Adj. P) .....	90

Tabelle 42: Rohnährstoffgehalte und Zuckergehalt des Ausgangsmaterials für die Silierversuche mit Hornklee (2013) in Abhängigkeit vom angestrebten Trockenmassegehalt (TM) .....	90
Tabelle 43: Zusammensetzung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte (2013) sowie nach einer Lagerdauer von einem Jahr (2014) in % der Trockenmasse (analysiert von Frau Prof. Dickhöfer an der Universität Hohenheim) .....	91
Tabelle 44: pH-Wert der Variante mit einem Trockenmassegehalt von 35 % (angestrebt 30 % TM) und 43 % (angestrebt 40 % TM).....	92
Tabelle 45: Mengenangaben zu den Rohproteingehalten (RP in g/kg TM) und den Ammoniakstickstoffgehalten (NH <sub>3</sub> -N in g/kg Gesamt-N) der Luzernesilagen bei einem Trockenmassegehalt (g/kg) von durchschnittlich 35 % in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten und Öffnungstagen .....	93
Tabelle 46: Mengenangaben zu den Rohproteingehalten (RP in g/kg TM) und den Ammoniakstickstoffgehalten (NH <sub>3</sub> -N in g/kg Gesamt-N) der Luzernesilagen bei einem Trockenmassegehalt (g/kg) von durchschnittlich 43 % in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten und Öffnungstagen .....	94
Tabelle 47: Milchsäure- und Essigsäuregehalte der Luzernesilagen nach 180 Siliertagen in Abhängigkeit von den Trockenmassestufen (n=4).....	95
Tabelle 48: Kombinationseffekte der eingesetzten Tanninextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie der Tanninmengen nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen Trockenmasse von 43 % auf den Ethanolgehalt (Unterschiede ausgehen als Adj. P) .....	98
Tabelle 49: Rohnährstoffgehalte sowie Faserfraktionen der Luzerne- sowie Hornkleesilagen mit 35 % Trockenmasse in Abhängigkeit der Silierdauer (90 Siliertage (n=3) und 180 Siliertage (n = 4)) .....	101
Tabelle 50: Rohnährstoffgehalte sowie Faserfraktionen der Luzerne- sowie Hornkleesilagen mit durchschnittlich 43 % Trockenmasse in Abhängigkeit der Silierdauer (90 Siliertage (n=3) und 180 Siliertage (n=4)) .....	103
Tabelle 51: Ergebnisse der Kalkulation der Umsetzbaren Energie (ME in MJ/kg TM) und Nettoenergie-Laktation (NEL in MJ/kg TM) der Luzernesilagen mit durchschnittlich 352 und 427 g/kg (n=4) Trockenmasse nach 180 Siliertagen.....	104
Tabelle 52: Ergebnisse des Hohenheimer Futterwerttests (HFT in ml/200g TM) nach 90 Siliertagen (n=3) der Luzernesilagen mit einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 43 %.....	105

Tabelle 53: Proteinlöslichkeit (in %) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) der Luzernesilagen nach 180 Siliertagen mit durchschnittlich 35 % und 43 % Trockenmasse.....	106
Tabelle 54: UDP5-Gehalt der Versuchsilagen nach 180 Siliertagen (in % des RP) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) beider Trockenmassestufen.....	108
Tabelle 55: Gehalte der Protein-Neutrale-Detergenzien-Faser bestimmt auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) nach 180 Siliertagen über beide Trockenmassestufen (35 und 43 % TM) .....	109
Tabelle 56: Statistische Einflüsse auf die einzelnen Rohproteinfraktionen der Silagen mit einem TM-Gehalt von 35 % und 43 % nach 180 Siliertagen durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte, die eingesetzten Tanninmengen sowie dem Kombinationseffekt.....	111
Tabelle 57: Trockenmassegehalt (TM), Rohproteingehalt (RP) und Rohproteinfraktionierung (A, B1, B2, B3, C) nach 180 Siliertagen der einzelnen Varianten sowie der Kontrolle in Abhängigkeit von der Trockenmasse (n=4) .....	111
Tabelle 58: Ergebnisse der Rohproteinfraktionierung (in g/kg TM) sowie den UDP5-Gehalten (in g/kg TM) der Varianten mit Hornklee und mit Luzerne mit den Zusätzen Farmatan® 3 %, Mimosa 3 % sowie Quebracho 3 % und einer Nullvariante (Kontrolle) nach 90 Siliertagen und einer durchschnittlichen Trockenmasse von 43 %.....	112
Tabelle 59: Trockenmasse (TM), Rohproteingehalt (RP), nutzbares Rohprotein am Duodenum (nRP) und ruminale N-Bilanz (RNB) nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 35 % (n=4) und 43 % (n=4).....	114
Tabelle 60: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe, Faserfraktion sowie Energiegehalte ermittelt durch den N-Bilanzversuch an ausgewachsenen Hammeln (n=4).....	115
Tabelle 61: Zusammenstellung ausgewählter Literatur zum Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten mit dem Ziel, die Proteolyse bei der Silierung zu minimieren.....	118
Tabelle 62: Kalkulation von UDP5-Gehalten in einer Luzernesilage in Abhängigkeit einer gestaffelten Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 35 %.....	122
Tabelle 63: Kalkulation von UDP5-Gehalten in einer Luzernesilage in Abhängigkeit einer gestaffelten Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 %.....	122

Tabelle 64: MCSWEENEY et al. (1999) – Mengenanteile der Säure-Detergenzien-Faser (ADF), Neutral-Detergenzien-Faser (NDF), des Stickstoffs, und der kondensierten Tannine <sup>a</sup> ausgewählter tanninhaltiger Pflanzen.....	157
Tabelle 65: KARIUKI und NORTON (2008) – Die wahre Verdaulichkeit von jodiertem Bovinen Serum Albumin ( <sup>125</sup> I-BSA) unterteilt in das Verhältnis zwischen dem Labmagen und dem Ilium sowie Ilium und dem Kot proportional zu dem Gehalt zwischen dem Pansen und dem Kot von Schafen. ....	157
Tabelle 66: Angaben des Importeurs zu den Ergebnissen der chemischen Analyse des tanninhaltigen Pflanzenextraktes Quebracho (Angaben von Otto Dille®, ANONYM 2011) .....	158
Tabelle 67: Angaben des Importeurs zu den Ergebnissen der chemischen Analyse des tanninhaltigen Pflanzenextraktes Mimosa (Angaben von Otto Dille®, ANONYM 2011) .....	158
Tabelle 68: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Kontrolle .....	159
Tabelle 69: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Kombinationsprodukt... ..	159
Tabelle 70: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: biologischer Silierzusatzstoff.....	160
Tabelle 71: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho .....	160
Tabelle 72: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho mit Kombinationsprodukt.....	161
Tabelle 73: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho mit biologischem Silierzusatzstoff .....	161
Tabelle 74: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Mimosa.....	162
Tabelle 75: pH-Wert, Ammoniakstickstoffgehalt (NH <sub>3</sub> -N) sowie Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate über alle Öffnungstermine von der ersten Stunde bis zum 96 Siliertag – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen.....	163

Tabelle 76: Ergebnisse der Analyse ausgewählter Gärsäuren in den Grassilagen aller Siliervarianten und Wiederholungen ab dem 1. Öffnungstag .....	170
Tabelle 77: Rohnährstoffgehalte der Weidelgrassilagen in Abhängigkeit der Varianten und Öffnungstermine.....	175
Tabelle 78: Ergebnisse des Hohenheimer Futterwerttests (HFT) sowie Angaben zum Energiegehalte (Umsetzbare Energie, ME, und Nettoenergie-Laktation, NEL) der Weidelgrassilagen über alle Öffnungszeiträume (von 1 Stunde bis zum 96. Tag), Siliervarianten und Wiederholungen.....	182
Tabelle 79: Angaben zur Proteinlöslichkeit, UDP5-Gehalten, PNDF-Gehalte sowie zu den Rohproteinfraktionen (A, B1, B2, B3 und C) kalkuliert auf Grundlage des Cornell Net Carbohydrate and Protein System über alle Öffnungszeitpunkte (von der 1. Stunde bis zum 96. Siliertag), Siliervarianten und Wiederholungen .....	189
Tabelle 80: Angaben zu den Verschwindensrate des Rohproteins (in %) während der <i>in-situ</i> -Versuche über einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden, kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016) .....	196
Tabelle 81: Angaben zu den Verschwindensrate der Trockenmasse (in %) während der <i>in situ</i> -Versuche über einen Zeitraum von 48 Stunden (h), kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016) .....	196
Tabelle 82: Ergebnisse der Analyse der ausgewählter Gärsäuren in den Luzernesilagen aller Siliervarianten, über alle Öffnungstage sowie der Wiederholungen in Abhängigkeit von der Trockenmassestufen.....	197
Tabelle 83: Rohnährstoffgehalte, HFT, pH-Wert und Ammoniakstickstoff (NH <sub>3</sub> -N) der Luzernesilagen über alle Öffnungszeiträume (bis zum 180 Siliertag) – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen.....	204
Tabelle 84: Umsetzbare Energie (MJ ME/ kg TM) und Nettoenergie-Laktation (in MJ NEL/kg TM) sowie der Hohenheimer Futterwerttest der Luzernesilagen über alle Öffnungszeiträume – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen .....	211
Tabelle 85: Ergebnisse der chemischen Analyse ausgewählter Alkohole in den Luzernesilagen über alle Öffnungstermine und Trockenmassestufen – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen.....	216
Tabelle 86: Angaben zur Proteinlöslichkeit, UDP5-Gehalten, PNDF-Gehalte sowie zu den Rohproteinfraktionen (A, B1, B2, B3 und C) kalkuliert auf Grundlage des Cornell Net Carbohydrate and Protein System der Luzernesilagen über alle Öffnungszeitpunkte, Siliervarianten und Wiederholungen.....	221

Tabelle 87: GUO et al. (2008) – Rohproteinfraktionen der einsilierten Luzerne – Auszug ...	228
Tabelle 88: PRIES und MENKE (2014 – gekürzte Darstellung) – Nährstoffgehalte sowie Verdaulichkeit und Energiegehalte von der Kontrollration und den mit Tanninen angereicherten Futtermischungen .....	228

**Teile dieser Arbeit wurden bereits veröffentlicht als:**

**- Vorträge:**

DLG-Gütezeichengespräch Siliermittel

Vortrag: „Untersuchungen zur Proteolyse während der Silierung von Weidelgras und Luzerne bei Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte“

(vorgetragen von Simone Roscher)

VDLUFA-Kongress 2013

Kongressvortrag: „Untersuchungen zur Proteolyse während der Silierung von Weidelgras und Luzerne bei Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte“

(vorgetragen von Simone Roscher)

VDLUFA Kongress 2015

Kongressvortrag: „Wirkung eines tanninhaltigen Silierzusatzes auf die Nährstoffverdaulichkeit und den Energiegehalt von Weidelgras- und Luzernesilagen“

(vorgetragen von Olaf Steinhöfel)

AG-Treffen MLU Professur Tierernährung (2014):

Vortrag: „Optimierung der Proteinqualität von Grobfuttermitteln durch Zusatz kondensierter Tannine – Tannisil“

(vorgetragen von Olaf Steinhöfel)

**- Veröffentlichungen:**

**ROSCHER, S.; STEINHÖFEL, O.; SCHAFFT, H.; RICHARDT, W. und PIEPER, B (2013):**

Untersuchungen zur Proteolyse während der Silierung von Weidelgras und Luzerne bei Zusatz tanninhaltiger Silierzusätze. VDLUFA Kongressband 2013 Berlin, VDLUFA-Schriftenreihe 69 , 770-778.

**ROSCHER, S.; MARTENS, S. D.; STEINHÖFEL, O. und ZEYNER A. (2015):** Improving protein quality of roughages in ruminant nutrition by using silage additives on the basis of condensed tannins. XVII International Silage Conference July 2015, Brazil , Proceedings of the XVII International Silage Conference, IV International Symposium on Forage Quality and Conservation, 460-461.

**KLUTH, H.; ROSCHER, S.; STEINHÖFEL, O. und ZEYNER, A. (2015):** Wirkung eines tanninhaltigen Silierzusatzes auf die Nährstoffverdaulichkeit und den Energiegehalt von Weidelgras- und Luzernesilagen, VDLUFA-Schriftenreihe 71; 612-617.

**KLUTH, H.; ROSCHER, S.; STEINHÖFEL, O. und ZEYNER, A. (2015):** Wirkung eines tanninhaltigen Silierzusatzes auf die Nährstoffverdaulichkeit und den Energiegehalt von Weidelgras- und Luzernesilagen, Proc. Internationale Tagung „40 Jahre Präventivmedizin“ , Vet.med.Fakultät der Uni Leipzig, Hrsg. Manfred Fürll, 19./20.06.2015,176.

**STEINHÖFEL, O.; MARTENS, S. D.; KUHNITZSCH, C. und ROSCHER, S. (unveröffentlicht):** Optimierung der Proteinqualität von Grobfuttermittel für die Wiederkäuerernährung durch Einsatz kondensierter Tannine als Silierzusatz (Tannisil), BLE:-Abschlussbericht, Teil 1.





## 1 Einleitung

Der Futtermittelmarkt wird in hohem Maße von der Preisentwicklung der Proteinkomponenten in der Futterration beeinflusst, da diese Proteinkomponenten überwiegend importiert werden. Der Preis für Sojaextraktionsschrot an den Weltmärkten unterliegt starken Schwankungen (zwischen 2011 und 2016 schwankte der Preis zwischen 30 € und 53 € je dt<sup>1</sup>) in Abhängigkeit von den weltweiten Erntemengen und/oder Erntebedingungen sowie der Nachfrage dieser weltweit gehandelten Rationskomponenten, den verfügbaren Lagerbeständen und den jeweiligen Bedingungen an den Finanzmärkten und vor allem den Wechselkursen. Soja wird überwiegend in Dollar gehandelt. Angetrieben wird die steigende Nachfrage nach Proteinkomponenten in industriell hergestellten Mischfuttermitteln durch rasant steigenden Bedarf insbesondere in den Schwellenländern, vor allem Indien und China. Analysten prognostizieren, dass sich der Import von Sojaprodukten in China in den nächsten 5 Jahren verdoppeln wird. In Europa (EU-27) war die importierte Menge an Sojabohnen bzw. Sojaextraktionsschrot in den letzten Jahren relativ konstant.

Die Ausweitung des Sojaanbaus führt in vielen Regionen der Welt zu drastischen Veränderungen in den jeweiligen Landnutzungssystemen. In diesem Zusammenhang wird aus agrarökologischer Sicht vor allem der Anbau eiweißreicher Futtermittel, und hier insbesondere Soja, scharf kritisiert. Die gestiegene Nachfrage nach eiweißreichen Futtermitteln, verursacht durch eine globale Ausweitung der Produktion von Lebensmitteln tierischer Herkunft, führte (primär) in Brasilien und Argentinien seit dem Jahr 2000 zu einer permanenten Erweiterung der Anbauflächen für proteinreiche Futtermittel um 160 bzw. 190 % zu Lasten der vorherrschenden Flora und Fauna. Gesellschaftlich wird die Abholzung der Regenwälder sowie der fast ausschließliche Anbau von gentechnisch veränderten Sorten (GVO) bei der Sojapflanze abgelehnt.

Der Kritik an den Produktionsbedingungen steht die Tatsache gegenüber, dass die proteinreichen Nebenprodukte der Sojaölgewinnung mit Erfolg sowohl in der Ernährung von Monogastriden als auch Polygastriden eingesetzt werden.

In Deutschland wird in der agrarpolitischen Diskussion die Forderung lauter, alternative Proteinquellen zu identifizieren, die geeignet wären, in der Ration hochleistender Nutztiere eingesetzt zu werden und im Falle der Milchviehfütterung zudem die Anforderung an ein wiederkäuergerechtes Fütterungsregime zu erfüllen. Gewünscht werden hohe

---

<sup>1</sup> Sojaextraktionssschrot, 43/44 % Rohprotein/Erzeugerpreise, Bayern

Grobfutteranteile in der Trockenmasse (TM) der Gesamtration bei vergleichsweise hoher Verdaulichkeit der Gesamtration, sodass die anatomisch-physiologisch begründete Futteraufnahmekapazität der Tiere – insbesondere in den ersten Wochen post partum – nicht zum leistungsbegrenzenden und gesundheitsgefährdenden Faktor wird. Hohe tierische Leistungen sind aus ökonomischer Sicht gefordert und als Zielstellung in der Selektion von lebensmittelliefernden Zuchttieren formuliert.

Grassilagen als alternative Eiweißquelle, verglichen mit dem Ausgangsmaterial oder Heu, weisen eine ungünstigere Proteinzusammensetzung auf, weil, bedingt durch die Proteolyse im Verlauf der Gärung, Protein des Gärguts durch die mikrobiellen Prozesse abgebaut wird.

Der Zusatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten zum Siliergut kann das Ausmaß der Proteolyse durch eine Reduktion des mikrobiell bedingten Proteinabbaus beeinflussen. Der Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte zum Pflanzenmaterial vor Beginn des Silierprozesses dient dem Ziel, sowohl die Qualität als auch die Quantität von Proteinen der Futterpflanze im Verlauf des Gärprozesses (so weit wie möglich) zu erhalten. Parallel dazu wurde der Umfang des in den Vormägen der Wiederkäuer nicht abbaubaren Proteins (UDP; engl.: undegraded protein) gegenüber unbehandelten Silagen erhöht.

Über die Wirkung von Tanninen, speziell von kondensierten Tanninen, auf die Mikroorganismen in den Vormägen von Wiederkäuern wurde bereits in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts insbesondere mit der Fütterung von tanninreichen Futterstoffen oder der Fütterung von tropischen/subtropischen Pflanzen an Wiederkäuer diskutiert.

Bei Tanninen handelt es sich um sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die zum einen einen natürlichen Schutz der Pflanzen gegen Fressfeinde darstellen und zum anderen eine unerwünschte Wirkung im Gastrointestinaltrakt von Wiederkäuern und Monogastriern haben (Tannin-Protein-Komplex). Außerdem können sie reduzierend auf die Futteraufnahme der Tiere wirken.

Bisher kaum betrachtet wurde die Wirkung der kondensierten Tannine auf die Futterproteine mit dem Fokus, die Proteolyse im Verlauf der biochemischen Konservierung zu reduzieren. Dabei geht es um die Verringerung der proteolytischen Aktivität der Mikroorganismen in einem der Verdauung vorgelagerten Prozess (Silierung). Tannine werden mit dem Ziel eingesetzt, den Prozess der Proteolyse bei der Silierung zu steuern und demnach den Umfang der Proteolyse zu verringern sowie den UDP-Gehalt in den Silagen, ohne die Futteraufnahme und die Leistung der Tiere negativ zu beeinflussen, zu erhöhen.

Ergebnisse aus Silierversuchen können einen Beitrag zur gesteigerten Proteinaufnahme durch das Grundfutter leisten. Im Rahmen einer begleitenden, optimierten Rationsgestaltung können

sie den Anteil des unabgebauten Futterproteins am Ort der Absorption, dem Duodenum, steigern, ohne die Futteraufnahme negativ zu beeinflussen. Systematische Untersuchungen zur Bestimmung einer optimalen Supplementationsrate von kondensierten Tanninen bei der Silierung von Grünlandaufwüchsen werden als notwendig erachtet. Im Vordergrund sollten dabei die Wirkung der Proteolyse hinsichtlich des tierverfügbaren Futterproteinanteils sowie die optimale Einmischrate, die die fördernden und negativen Einflüsse in Balance hält, stehen. Vor allem kondensierte Tannine bilden mit Proteinen einen Tannin-Protein-Komplex. Die Komplexbildung (Tannin-Protein) erfolgt in dem der Futteraufnahme und der Verdauung im Tier vorgelagerten Prozess der Silierung. Der Komplex wird im proximalen Duodenum von Wiederkäuern (Ort der Absorption von Aminosäuren) bei vergleichsweise tiefem pH-Wert wieder gelöst und die Aminosäuren des Futterproteins können absorbiert werden. Deshalb muss die Komplexbildung so gesteuert werden, dass sie im Gastrointestinaltrakt reversibel ist und ihre Fracht der enzymatischen Proteinverdauung des Wirttieres zur Verfügung steht.

Zum Nachweis des Umfangs der Proteolyse und Möglichkeiten der Beeinflussung durch tanninhaltige Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft während der Silierung von Grünlandaufwüchsen (überwiegend Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und Luzerne (*Medicago sativa* L.)) wurden 2011 und 2013 Silierversuche in Laborsilos am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch (Sachsen) durchgeführt. Das Ausmaß der Proteolyse im Laborsilo wurde in Abhängigkeit von der supplementierten Tanninmenge, der Silierdauer, der Tanninherkunft sowie der TM des Siliergutes quantifiziert.

Die Versuche im ersten Versuchsjahr (2011) wurden durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie sowie durch die Landwirtschaftliche Kommunikations- und Service-GmbH ermöglicht. Die Silierzusatzstoffe wurden von Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung zur Verfügung gestellt. Die Versuche im zweiten Versuchsjahr (2013) wurden im Rahmen des Projektes „Tannisil“ durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages geförderten Projektes, bei dem die Projektträgerschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung erfolgte. Die Schirmherrschaft in dem Konsortium, bestehend aus dem Bundesinstitut für Risikobewertung, Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH und der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH, hatte das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.



## 2 Oberziele und Arbeitshypothesen

Ziel dieser Arbeit war es, den Umfang und die Beeinflussungsmöglichkeiten der Proteolyse durch den Zusatz tanninhaltigen Pflanzenextrakten zu quantifizieren und die Effekte in Abhängigkeit vom zeitlichen Ablauf des Silierprozesses zu bestimmen. Dazu wurden tanninhaltige Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie variierende Einsatzmengen verwendet. Die genannten Ziele werden mit den folgenden Arbeitshypothesen unterlegt:

- Das Aufkommen wertvoller Rohproteinfraktionen für die Ernährung von Wiederkäuern aus dem Grundfutter kann durch Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten während der Silierung gesteigert werden.
- Durch den Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei der Silierung ist der Anteil der pansenstabilen Fraktionen am Gesamtrohprotein in den Silagen messbar erhöht.
- Die Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten zu dem Siliergut beeinflusst die wesentlichen Merkmale zur Beschreibung der Qualität der Silagen nicht.
- Eine Supplementierung von tanninhaltigen Pflanzenextrakten in einem Umfang von circa 3,8 % bezogen auf die TM hat keinen reduzierenden Effekt auf den Energiegehalt.
- Der Trockenmassegehalt des zu silierenden Pflanzenmaterials hat einen Einfluss auf die tanninhaltigen Pflanzenextrakte bezüglich ihrer Wirkung auf die Proteolyse.
- Auf die Proteolyse während der Silierung ist kein Unterschied zwischen der Supplementierung von kondensierten und hydrolysierbaren Tanninen feststellbar.



### **3 Literaturübersicht – Proteolyse während der Silierung von Grünlandaufwüchsen: Welche Einflussgrößen und Möglichkeiten der Beeinflussung existieren?**

Während der Silierung wandeln Milchsäurebakterien unter Sauerstoffabschluss pflanzliche Kohlenhydrate in organische Säuren um. Der pH-Wert wird soweit gesenkt, dass konkurrierende Mikroorganismen nicht mehr überleben können und die meisten Enzyme inaktiv sind. Bei der Silierung handelt es sich um einen spontanen Prozess, bei dem genügend Feuchtigkeit, ausreichend vergärbare Zucker und eine sauerstofffreie Umgebung gewährleistet werden sowie siliertaugliche Milchsäurebakterien vorhanden sein müssen.

Grassilagen weisen aufgrund ihrer unterschiedlichen Produktionsbedingungen (Feldbau oder Grünland), der variierenden botanischen Zusammensetzung sowie einem möglichen Einsatz von Silierzusätzen sehr unterschiedliche Qualitäten auf. Diese und noch weitere Aspekte sollen im folgenden Kapitel beschrieben werden.

#### **3.1 Anforderungen an hohe Qualitäten sowie hohe ernährungsphysiologische Eigenschaften des Siliergutes**

Die Qualität der Silagen sowie deren ernährungsphysiologische Eigenschaften werden durch die Anforderungen an eine wiederkäuergerechte Fütterung bestimmt. Die Qualitäten der Silagen hängen nicht nur vom Pflanzenmaterial dabei vor allem von der botanischen Zusammensetzung ab (hohe Grasanteile wünschenswert), sondern auch vom Schnittzeitpunkt (Betrachtung der Vegetationsphase) und vom Verlauf sowie der Dauer der Trocknungsphase. In Abhängigkeit vom Vegetationszeitraum schwanken Faser-, Rohprotein- und Energiegehalt, die wiederum einen erheblichen Einfluss auf den Futterwert und die Verdaulichkeit haben.

Die Länge der Trocknungsphase beeinflusst die Proteolyse. Diese wiederum hängt von dem Aufbau der Pflanzen, der Umwelt und der mechanischen Aufbereitung sowie dem Trockenmassegehalt (TM) des Pflanzenmaterials bei der Ernte ab. Durch eine technische Trocknung des Pflanzenmaterials bei höheren Temperaturen sind die biochemischen Veränderungen gegenüber dem Ausgangsmaterial minimal. Auch eine Trocknung unter Dach mit verminderten Umwelteinflüssen reduziert die Oxidationsverluste sowie die Nährstoffverluste (MCDONALD und EDWARDS 1976). MCDONALD und EDWARDS (1976) bezogen sich zwar auf die Heutrocknung, aber ihre Beschreibungen lassen sich auf die Trocknungsphase der Silierung übertragen.

BRADY (1960) untersuchte die Veränderungen der Proteinzusammensetzung von *Loilium sp.* während der Trocknungsphase. Es wurde ein Anstieg der löslichen Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN) von 8,9 auf 17,3 % des Gesamt-Stickstoffs (N) und des Amino-N von 2,6 auf 9,2 % des Gesamt-N nach 26,5 Stunden (bei 20 °C Lufttemperatur) festgestellt. Die TM stieg in dieser Zeit von 16 auf 39 % an.

### 3.2 Proteolyse während der Silierung

Die Proteolyse ist ein natürlicher Prozess, an dem pflanzeneigene Enzyme einen wesentlichen Anteil haben (DING et al., 2013). Dieser Prozess beginnt, sobald das Gras geschnitten wurde. Die Freisetzung von Aminosäuren aus dem Futterprotein ist in den ersten sechs Stunden nach Silierbeginn am größten, aber auch nach 72 Stunden noch nicht beendet (MCKERSIE 1985).

Es wird zwischen Proteolyse und Desmolyse unterschieden. Während der Proteolyse kommt es zu einer hydrolytischen Abspaltung der Peptidbindungen. Endopeptidasen spalten vom Inneren der Peptidkette her Proteine in kleine Bruchstücke und Exopeptidasen greifen an den Außenketten der Ketten an und spalten einzelne Aminosäuren ab (HOEDTKE et al., 2010 nach MÜNTZ 1984). Während der Desmolyse werden die Aminosäuren hauptsächlich durch Mikroorganismen abgebaut. Als Hauptspaltprodukte während der Proteolyse entstehen freie Aminosäuren, die weiter zu Aminen, Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und organischen Säuren umgesetzt werden (HOEDTKE et al. 2010).

Die Unterteilung der einzelnen Rohproteinfraktionen werden in Tabelle 1 gezeigt.

**Tabelle 1: Unterteilung der Stickstofffraktionen im Futter nach ihrem enzymatischen Abbauverhalten im Pansen (LICITRA et al. 1996)**

Fraktionen	Enzymatischer Abbau im Pansen	Klassifikation
Nicht-Protein-Stickstoff	Sofort abbaubar zu $\text{NH}_3$	A
Reinprotein (löslich)	Schnell abbaubar zu $\text{NH}_3$	B <sub>1</sub>
Neutral-Detergenzien-lösliches Rohprotein	Potentiell vollständig abbaubar	B <sub>2</sub>
Neutral-Detergenzien-unlösliches Rohprotein aber löslich in saurer Detergenzienlösung	Langsamer Abbau, nicht unbedingt vollständiger Abbau	B <sub>3</sub>
Unlöslich in saurer Detergenzienlösung	Unverdaulich (im Pansen und im Dünndarm nicht verfügbar)	C

FAIRBAIRN et al. (1988) beschäftigten sich mit der Proteolyse während der Silierung von Luzerne. Sie nahmen Messungen vor, um die Veränderungen im NPN, dem Peptid-N sowie



Ammoniak-N, verursacht durch die Proteolyse während der Silierung von angewelkter und gehäckselter Luzerne (39 % TM), zu quantifizieren. Die Autoren stellten fest, dass sich die NPN-Verbindungen während der ersten sieben Tage der Silierung rasch vermehrten und der größte Anstieg bereits nach 24 Stunden erreicht wurde. Nach drei Tagen hatte sich der Gehalt der NPN-Verbindungen gemessen am Gesamt-N von 18 % auf 31 % erhöht. Dieser rapide Anstieg wurde von den Autoren als Hinweis auf eine in der Silage stattfindende Proteolyse gesehen. Auch der Ammoniak-N, der als Indikator für die Desmolyse gilt, stieg von unter einem Prozent des Gesamt-N-Gehaltes in frischer Luzerne auf über 11 % nach 90 Siliertagen an. Der pH-Wert zu Beginn der Silierung lag bei 5,9 und reduzierte sich bis 72 Stunden nach Beginn der Silierung im Durchschnitt auf 5,0. Ab dem siebten Siliertag blieb dieser konstant bei 4,7. FAIRBAIRN et al. (1988) bezeichneten diesen pH-Wert als niedrig genug um die Proteolyse zu unterbinden. Sie wiesen jedoch darauf hin, dass der pH-Wert nicht ausschließlich für die Beendigung der Proteolyse verantwortlich war, sondern auch der Feuchtigkeitsgehalt einen entscheidenden Einfluss hatte. Die Konzentration des freien Amino-N veränderte sich während der ersten 23 Stunden kaum. Nach 72 Stunden war die Konzentration auf 10 % (des Gesamt-N) und nach 90 Siliertagen auf 18 % angestiegen (siehe Tabelle 2). Für die Autoren war dies ein Kennzeichen dafür, dass die Proteolyse während der ersten Tage am höchsten war und für die restliche Zeit der Fermentation deutlich langsamer ablief. Der prozentuale Anteil von Peptid-N stieg in den ersten 48 Stunden der Silierung rapide auf 11 % an und nahm in den sich anschließenden 120 Siliertagen auf bis zu 4 % wieder ab. Als Ursache für den anfänglichen Anstieg des Peptid-N vermuteten FAIRBAIRN et al. (1988) die Aktivität von pflanzeigenen Enzymen, die zu Beginn der Fermentation aktiv waren. Die Abnahme des Peptid-N erklärten die Autoren mit dem Verbrauch des Peptid-N durch Mikroorganismen.

**Tabelle 2: Prozentuale Anteile der Stickstofffraktionen und pH-Werte von frischer sowie silierten Luzerne über verschiedene Öffnungszeitpunkte (FAIRBAIRN et al., 1988; gekürzt)**

Öffnungszeitpunkte	NPN	NH <sub>3</sub> -N	Freier Amino-N	Peptid-N	pH
			% am Gesamt-N		
<b>0 h</b>	17,5 (2,35) <sup>1</sup>	0,56 (0,01)	5,7 (1,04)	ND <sup>2</sup>	5,9 (0,01)
<b>8 h</b>	17,0 (0,90)	0,61 (0,03)	4,6 (0,07)	10,2 (3,93)	5,9 (0)
<b>24 h</b>	26,2 (2,16)	1,81 (0,02)	5,7 (0,2)	6,5 (2,54)	5,9 (0)
<b>72 h</b>	31,0 (2,94)	4,01 (0,03)	10,5 (0,48)	10,0(4,56)	5,0 (0,01)
<b>7 d</b>	31,7 (1,64)	6,14 (0,36)	11,6 (1,00)	3,5 (2,36)	4,7 (0,01)
<b>14 d</b>	35,4 (3,87)	7,14 (0,24)	13,5 (0,79)	7,8 (5,38)	4,7 (0)
<b>90 d</b>	41,3 (0,74)	11,29 (0,49)	17,9 (2,09)	11,3 (5,34)	4,7 (0,03)

<sup>1</sup> Jeder Wert ist der Durchschnittswert von 4 Proben; In den Klammern steht der Standardfehler; <sup>2</sup> nicht nachgewiesen;

### 3.2.1 Beeinflussung der Proteolyse

Unterschiedliche Einflüsse können auf die Proteolyse wirken. So hat eine schnelle pH-Wert-Absenkung eine reduzierend Wirkung auf die Proteolyse, denn der optimale pH-Wert für die Proteolyse liegt beispielsweise für Luzerne bei 6,0 und für Rotklee und Hornklee bei 6,5 und darüber (MCKERSIE 1985).

CARPINTERO et al. (1979) untersuchten die Einflüsse von Schwefelsäure und Ameisensäure auf die Proteolyse während der Silierung von Weidelgras-Klee-Silagen<sup>2</sup>. Die Ergebnisse zeigten, dass eine enge negative Korrelation zwischen den verschiedenen Gehalten der beiden Säuren und dem Ausmaß der Proteolyse sowie der Desaminierung existiert. Eine positive Korrelation stellten die Autoren zwischen dem pH-Wert des einsilierten Weidelgras-Kleegemenges, unabhängig von der Art der eingesetzten Säuren, und dem Ausmaß der Proteolyse sowie der Desaminierung fest.

Auch die Temperatur im Silo ist nicht zu unterschätzen. So findet der höchste Proteinabbau bei Temperaturen zwischen 40 und 50 °C statt (KOFAHL 2009). GABEL und BICKEL (2006) schränkten die Temperatur noch weiter ein. Sie beschrieben, dass mit einer steigenden Inkubationstemperatur bis zu 45 °C die Proteolyse erhöht war und es bei einer höheren Temperatur zu einer Reduzierung kam. Die Autoren vermuteten die Ursache in der Temperaturabhängigkeit enzymatischer Reaktionen. Alle chemischen Reaktionen verdoppeln ihre Geschwindigkeit, wenn die Temperatur um 10 Kelvin ansteigt und ab einer bestimmten Temperatur sind die Organismen nicht mehr lebensfähig. Werden die Silagen zu heiß, kann durch die Maillard-Reaktion unverdauliches Protein entstehen (VAN SOEST 1994).

CHARMLEY und VEIRA (1990) stellten bei ihren Untersuchungen mit Luzernesilagen fest, dass Behandlungen mit Wärme<sup>3</sup> den Umfang des Proteinabbaus in den Silagen reduzierten. Die mit Wärme behandelten Silagen enthielten mehr Protein-N, weniger leicht löslichen Protein-N, weniger NPN-Verbindungen sowie weniger Ammoniak-N als die Kontrollsilagen. Eine Schädigung des Proteins verursacht durch die Wärmebehandlung schlossen die Autoren aus. In einem zweiten Versuch verglichen CHARMLEY und VEIRA (1990) eine Luzernesilage, die auf dem Feld bei guten Wetter 24 Stunden angewelkt wurde, sowie eine Luzernesilage, die zusätzlich zwei Minuten mit Wärme behandelt wurde. Bei der Luzernesilage, die ausschließlich auf dem Feld angewelkt wurde, war der Gehalt des Protein-N gegenüber dem

---

<sup>2</sup> 66 % *Lolium multiflorum*, 30 % *L. perenne* und 4 % *Trifolium repens*

<sup>3</sup> Auf einem Förderband wurde das Feldfutter für eine Minute Druck ausgesetzt, so dass das Feldfutter eine Temperatur von 85 °C erreichte.

Ausgangswert um die Hälfte reduziert und der Ammoniak-N machte 28 % des NPN aus. Eine zusätzliche Wärmebehandlung von zwei Minuten zur Trocknung auf dem Feld konnte die Veränderung in der Zusammensetzung der N-Verbindungen der Luzerne vermindern. Jedoch wiesen die Autoren darauf hin, dass die Proteolyse während des Anwelkens verglichen mit den Umbauprozessen während der Silierung minimal war. Die proteolytische Aktivität der zusätzlich mit Wärme behandelten Luzernesilage war gegenüber der nur auf dem Feld angewelkten Silage geringer.

Weiterhin wird der Osmolalität ein Einfluss zugeschrieben. Die Proteinhydrolyse<sup>4</sup> benötigt Wasser, welches mit zunehmendem TM-Gehalt des Siliergutes nicht mehr zur Verfügung steht. HRISTOV und SANDEV (1998) stellten bei Untersuchungen zur Proteolyse und Proteinverfügbarkeit von Luzernesilage, angewelkter Luzernesilage und Luzerneheu fest, dass im Heu gegenüber den beiden Silagen weniger NPN nachzuweisen war. Auch der Proteinabbau im Pansen war beim Heu verglichen mit den beiden anderen Varianten niedriger. Somit konnten die Autoren nachweisen, dass durch das Anwelken der Luzerne die Löslichkeit des Rohproteins vermindert werden kann. KOFAHL (2009) beschrieb, dass die Einflussgrößen Osmolalität und Anwelkgrad das Ausmaß der proteolytischen Aktivität in gleicher Weise beeinflussten, denn je höher die Osmolalität und der Anwelkgrad in den Versuchssilagen war, desto niedriger war die proteolytische Aktivität. SEYFARTH et al. (1989) beschrieben, dass der TM-Gehalt einen entscheidenden Einfluss auf die Aktivität der mikrobiellen Enzyme hatte, denn durch den höheren osmotischen Druck in den Zellen des vorgewelkten Pflanzenmaterials nahm die Aktivität der Mikroben ab. Generell gilt, dass der Aminosäurenabbau erst zum Stillstand kommt, wenn die Existenzbedingungen für die Mikroben nicht mehr ausreichen. GABEL und BICKEL (2006) schrieben aus den bereits genannten Gründen auch dem Vegetationsverlauf einen Einfluss auf die Proteolyse zu, da mit dem Verlauf der Vegetation der Trockenmassegehalt der Pflanzen zunimmt.

Untersuchungen an Grassilagen mit unterschiedlichen TM-Gehalten (36, 55 und 64 % TM), die sich kaum in ihren Rohproteingehalten (17, 16 und 18 % RP<sup>5</sup>) unterschieden, zeigten (siehe Tabelle 3), dass die größten Differenzen innerhalb der Proteinfaktionen zwischen den Fraktionen A und B3 auftraten (SHANNAK et al., 2000).

---

<sup>4</sup> Proteine werden unter Wasseranlagerung in ihre Bausteine (letztlich Aminosäuren) zerlegt (hydrolysiert)

<sup>5</sup> RP: Rohprotein

**Tabelle 3: Rohproteinfraktionen (RP-Fraktion) und Gehalte des pansenstabilem Proteins (UDP) von drei Grassilagen mit unterschiedlichen Trockenmassegehalten (36, 64 und 55 % TM) (SHANNAK et al., 2000)**

		Grassilage 1	Grassilage 2	Grassilage 3
<b>Trockenmasse (TM)</b>	g/kg	361	639	550
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	167	178	157
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	103	178	157
<b>RP-Fraktion A</b>	g/kg RP	283	518	578
<b>RP-Fraktion B1</b>	g/kg RP	58	45	50
<b>RP-Fraktion B2</b>	g/kg RP	306	280	287
<b>RP-Fraktion B3</b>	g/kg RP	311	121	46
<b>RP-Fraktion C</b>	g/kg RP	44	37	40
<b>UDP2*</b>	g/kg RP	194	133	121
<b>UDP5*</b>	g/kg RP	276	189	170
<b>UDP8*</b>	g/kg RP	335	229	207

\* Drei verschiedene Passageraten (2 %/h, 5% /h und 8 %/h) des Gehaltes an pansenstabilem Protein (UDP) aus dem Pansen können berechnet werden (SHANNAK et al., 2000)

Neben dem Einfluss des TM-Gehaltes auf die Proteolyse stellten HRISTOV und SANDEV (1998) auch eine Beeinflussung der Proteolyse durch Ameisensäure fest, durch deren Einsatz eine abnehmende Konzentration der NPN-, NH<sub>3</sub>-N- sowie freien  $\alpha$ -Aminosäuren-N-Verbindungen verglichen mit den nicht angewelkten sowie den Silagen, bei denen Natrium-Metabisulfid eingesetzt wurde, ermittelt wurde.

Aus unterschiedlichen *in vitro* Untersuchungen und Silierversuchen leiteten GABEL und BICKEL (2006) ab, dass die Wirkung der Einflussgrößen auf die Proteolyse in der folgenden Reihenfolge abnimmt: Temperatur, pH-Wert, Osmolalität.

Neben den bisher beschriebenen externen Faktoren zur Beeinflussung der Proteolyse gibt es auch einige interne Faktoren, die den Proteinabbau in Pflanzen minimieren können. Neben der genetischen Varianz gehören auch sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, unter anderem Tannine, auf die in dieser Arbeit noch genauer eingegangen wird, oder das in verschiedenen Pflanzen vorkommende Enzym Polyphenoloxidase, dazu (HOEDTKE et al., 2010).

GABEL und BICKEL (2006) vermuteten, dass auch die Zusammensetzung der N-Verbindungen in den Pflanzen, die durch verschiedene Vegetationsstufen oder Anwelkgrade variieren, das Ausmaß der Proteolyse unterschiedlich beeinflussen können.

### **3.3 Rechtliche Einordnung von Silierzusatzstoffen und ihr Einfluss auf die Silagequalität**

Nicht nur Umwelteinflüsse haben einen Effekt auf die Prozesse während der Silierung, sondern auch Stoffe und Stoffgruppen, die gezielt dem Silierprozess zugesetzt werden. Mit der VERORDNUNG (EG) Nr. 1831/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND

DES RATES vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung sind die Silierzusatzstoffe als Zusatzstoffe in der Tierernährung seit 2003 gesetzlich geregelt. Sie werden dort der Gruppe (1) der technologischen Zusatzstoffe zugeordnet. Nach der Definition der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 sind Silierzusatzstoffe „Stoffe, einschließlich Enzyme oder Mikroorganismen, die Futtermitteln zugesetzt werden, um die Silageerzeugung zu verbessern“.

Silierzusatzstoffe sollen den Silierprozess positiv beeinflussen, unter anderem in dem eine schnellere pH-Wert-Absenkung gegenüber Silierung ohne Zusatz angestrebt wird. Durch die schnelle pH-Wert-Absenkung werden unerwünschte Mikroorganismen an ihrer Entwicklung gehindert und der mikrobielle Stoffabbau eingeschränkt; folglich wird der Nährstoffverlust gesenkt und die Futterqualität wird nicht gemindert.

Die Silierzusatzstoffe werden im Allgemeinen in zwei unterschiedliche Hauptgruppen unterteilt: Chemische und biologische Silierzusatzstoffe. Außerdem gibt es auch Präparate auf dem Markt, die beide Silierzusatzstoffgruppen miteinander kombinieren: die Kombinationspräparate. Diese Silierzusatzstoffe finden in der landwirtschaftlichen Praxis Verwendung. Im Gegensatz dazu wurde Proanthocyanidin (PA; Synonym: kondensierte Tannine) als Silierzusatz bisher nur in Silierversuchen eingesetzt, da keine Zulassung nach der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 existiert. Tannine werden in der Natur von Pflanzen zum Schutz vor Fressfeinden gebildet (REED et al. 2000). Mit Tanninen wurden bisher Effekte wie antinutritiver Inhaltsstoff, sinkende Trockenmasseaufnahme und reduzierte Protein- und Faserverdaulichkeiten verbunden. Diese Effekte werden durch Tannine in den Pflanzen ausgelöst, sind aber auch von der Konzentration, dem Tannin-Typ, der Tierart, dem physiologischen Status des Tieres und der Rationszusammensetzung abhängig (BARAHONA et al., 1997; MAKKAR 2003).

In neueren Untersuchungen stellte sich heraus, dass die tanninhaltigen Pflanzenextrakte eine reduzierende Wirkung auf die Methanemission (u.a. De OLIVEIRA et al., 2006), den Proteinabbau in den Vormägen (u.a. TABACCO et al., 2006) sowie auf den Parasitendruck im Tier haben (u.a. MIN und HART, 2003). Erste Untersuchungen unter anderem von SALAWU et al. (1999) deuteten an, dass die eingesetzten Tannine (Mimosa<sup>6</sup>, Quebracho<sup>7</sup> und Myrabolan<sup>8</sup>) auch die Proteolyse während der Silierung reduzieren.

---

<sup>6</sup> *Acacia mollissima* (Synonym: *A. mearnsii* (Akazienart))

<sup>7</sup> *Schinopsis lorentzii* und *S. balanae*

<sup>8</sup> *Terminalia chebula*

Der Begriff Tannine wird in den folgenden Abschnitten genauer definiert, abgegrenzt und die Wirkungen der Tannine und tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf das Futter sowie das Tier nach dem aktuellen Wissensstand beschrieben.

### 3.4 Tannine – natürliches Vorkommen

Das Wort Tannin, so beschrieb HASLAM (1989), ist auf Seguin (1796) zurückzuführen. Er führte diese Terminologie ein, um extrahierbare Stoffe in bestimmten Pflanzengeweben, die Haut zu Leder gerben können, zu beschreiben (HASLAM 1989 nach SEGUIN 1796). HASLAM (1989) merkte zu dieser Definition an, dass alle Stoffe zu dieser Zeit als Tannine bezeichnet wurden, die eine blaue Reaktion mit Eisensalz eingingen, welche damals als Nachweismethode für Tannine galt. Nach heutigem Kenntnisstand war dies nicht immer gerechtfertigt. Der weitläufige Gebrauch des Wortes Tannin sowie die irreführende Bedeutung führten und führen zu Missverständnissen.

In Großbritannien wurde um 1900 überwiegend Eichenholz als Tanninquelle zum Gerben von Leder verwendet. Der steigende Bedarf an Leder durch die Industrialisierung bedingte die Suche nach neuen pflanzlichen Tanninquellen. Weltweit wurden unter anderem folgende Tanninquellen gefunden: *Terminalia chebula* (Myrobolan), *Schinopsis lorentzii* und *S. balanae* (Quebracho), *Acacia mollissima* (Synonym: *A. mearnsii* (Mimosa (Akazienart))). Die Tannine werden in beinahe allen Pflanzenteilen gefunden: Blätter, Rinde, Holz, Früchte und Wurzeln (HASLAM 1989). HASLAM (1989) beschrieb, dass um 1950 der Gebrauch von pflanzlichen Tanninen auf Grund der Entwicklung von synthetischen Stoffen für das Gerben von Leder rapide abnahm.

Heute bekannte Tanninextrakte stammen von Bäumen wie Quebracho und dem Akazienbaum Mimosa. Quebracho-Extrakt wird in Argentinien, Bolivien und Paraguay gewonnen. Länder wie Chile, Kenia und Zimbabwe spielen keine nennenswerte Rolle (ROFFAEL et al., 2002a). Der Quebrachobaum ist erst in einem Alter von 100 Jahren aufgrund seines langsamen Wachstums erntereif (SCHMIDT 2001). ROFFAEL et al. (2002a) maß noch der Gewinnung von kondensierten Tanninen aus Akazienrinde eine weitere große Bedeutung bei. Akazienrinde wird überwiegend in Südafrika und Brasilien kommerziell extrahiert.

Heimische Leguminosen wie Hornklee oder Esparsette können einen mäßigen bis hohen Tanningehalt aufweisen (siehe Tabelle 4). Aufgrund ihrer geringen Verbreitung auf einheimischen Grünlandstandorten ist ihre agronomische Relevanz in der Ertragsbildung begrenzt. Esparsette beschrieben GOERITZ et al. (2009) als nicht konkurrenzfähig, hingegen räumten sie Hornklee als einjährige Pflanze ein größeres Anbaupotential in der Zukunft ein.

**Tabelle 4: Gehalte kondensierter Tannine<sup>9</sup> verschiedener Pflanzen auf dem Grünland in g/kg Trockenmasse (GOERTZ et al., 2009)**

Leguminosen		Kräuter		Referenzpflanzen	
Gelber Steinklee	0,8	Zichorie	1,0	Rotklee	4,6
Galega	0,9	Kleiner Wiesenkopf	5,6	Dt. Weidelgras	0,7
Esparsette	69,8	Spitzwegerich	1,5		
Schwedenklee	8,9	Löwenzahn	1,1		
Hornklee	31,1				
Luzerne	0,8				
Weißklee	7,4				

FEENY und BOSTOCK (1968) beschäftigten sich mit dem saisonal schwankenden Tanningehalt in Eichenblättern. Sie fanden heraus, dass die Tanninkonzentration in den Blättern bezogen auf die TM im April bei 0,5 und im September bei 5 % lag. Kondensierte Tannine konnten in den Blättern im April nicht nachgewiesen werden. Ein Anstieg des Gesamt-Tanningehaltes trat nach einer „Insektenattacke“ auf, wobei von den Autoren unerwähnt blieb, ob ein Zusammenhang zwischen dem Tanninanstieg und der „Insektenattacke“ existierte.

Der Gesamttanningehalt in den Pflanzen (u. a. Luzerne, Puderquastenstrauch) korrelierte nach MCSWEENEY et al. (1999) kaum mit dem TM- sowie mit dem N-Gehalt (siehe Anhang Tabelle 64), eine Vorhersage des Tanningehaltes aufgrund dieser beiden Parameter ist somit nicht möglich bzw. unsicher.

Die Verdaulichkeit der TM und die mikrobielle Verdaulichkeit der N-Verbindungen ist zwischen den tanninhaltigen Pflanzen unterschiedlich. MCSWEENEY et al. (1999) stellten folgenden Reihenfolge auf: *Medicago sativa* > *L. leucocephala* > *L. diversifolia* > *L. pallida* > *C. calothyrsus*.

#### 3.4.1 Gewinnung von Tanninen

Die weltweite Produktion von kondensierten Tanninen wird von der Holzwerkstoffindustrie mit ca. 300.000 Tonnen pro Jahr angegeben (ROFFAEL et al., 2002a).

Die älteste und heute noch bekannte Methode zur Gewinnung von Tanninen ist die von STIASNY 1905 beschriebene Methode, die auf der Reaktion zwischen den kondensierten Tanninen und Formaldehyd in Anwesenheit von Salzsäure unter definierten Bedingungen beruht, die zur Bildung von unlöslichen Produkten führt (ROFFAEL et al., 2002b). Durch Einwirkung von Säure bilden kondensierte Tannine hochmolekulare amorphe Stoffe, die als Phlobaphene bezeichnet werden (ROFFAEL et al., 2002a).

<sup>9</sup> Bestimmt mit der Butanol-HCL-Methode nach TERRILL et al. (1992)

Die Tannine werden mithilfe von Petrolether, Chloroform, Methanol oder ähnlichen Lösemitteln aus dem Pflanzenmaterial extrahiert (MYINT 2009). TERRILL et al. (1992) entwickelten eine Mixtur aus Aceton/Wasser/Diethylether (4,7:2,0:3,3) zur Extraktion der „freien“ kondensierten Tannine. Für die anschließende Extraktion der protein- und fasergebundenen kondensierten Tannine verwendeten sie kochendes Natrium-Dodecylsulfat, welches 2-Mercaptoethanol (SDS) enthält. Die Konzentrationen der kondensierten Tannine in allen drei Fraktionen wurden durch eine modifizierte Butanol-HCl<sup>10</sup>-Prozedur bestimmt.

ROFFAEL et al. (2002a) empfahlen für die Gewinnung von Gerbstoffen bestimmter Holz- und Rindenarten eine Zugabe von Chemikalien wie Natriumbisulfit bzw. Natriumsulfit, denn durch die Verwendung der Chemikalien wird die Ausbeute an extrahiertem Material erhöht. Außerdem wird durch die Spaltung des Pyranringes sowie des Entstehens von neuen Hydroxylgruppen die Löslichkeit von Gerbstoffen verbessert sowie die Viskosität der Tanninlösung im technisch relevanten Bereich vermindert.

In Untersuchungen zur Extraktion von Tanninen aus *Ageratum conyzoides* (eine in den Tropen und Subtropen beheimatete Pflanze) wurden die Extraktionsmittel Aceton und n-Hexan miteinander verglichen. Durch den Einsatz von n-Hexanextrakt ( $34,6 \pm 0,62$  mg Gallussäure-Equivalente (GAE<sup>11</sup>)/g des Extraktes;  $P < 0,05$ ) verglichen mit dem Einsatz von Acetonextrakt ( $25,7 \pm 2,00$  GAE/g des Extraktes) war der Gesamt-Phenolgehalt signifikant höher (SULTANA et al., 2012).

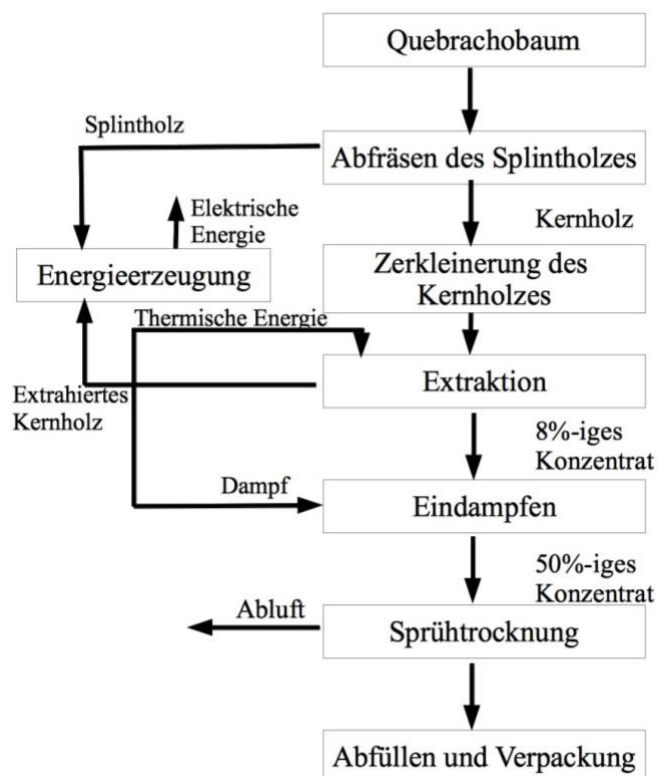
Bevor die Tannine extrahiert werden können, wird das Splintholz abgefräst und das Kernholz durch Abraspeln mittels Raspelwalzen zu Hackschnitzeln zerkleinert (SCHMIDT 2001). Eine schematische Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte zur Gewinnung von Tanninen ist in der Abbildung 1 dargestellt.

---

<sup>10</sup> HCl: Chlorwasserstoff

<sup>11</sup> engl.: gallic acid equivalents





**Abbildung 1: Tanningewinnung aus Quebrachoholz (SCHMIDT 2001)**

Die Ausbeute von Tanninen aus dem Quebracho-Baum beträgt nach SCHMIDT (2001) ca. 30 bis 35 %. Wie in der Abbildung 1 zu erkennen ist, wird das extrahierte Kernholz zusammen mit dem abgefrästen Splitterholz der Feststofffeuerung zugeführt und somit die für den Herstellungsprozess der Tannine benötigte thermische sowie elektrische Energie erzeugt (SCHMIDT 2001).

### 3.4.2 Charakterisierung der Tannine als Silierzusatz

Bei den Tanninen handelt es sich um wasserlösliche Polyphenole. Viele Flavonoide in Futter- und Lebensmitteln werden zu größeren Molekülen entweder durch die Pflanzen selber oder durch die Verarbeitung polymerisiert; es entstehen dabei Tannine (BEECHER 2003).

HASLAM (1989) und HASLAM (1998) beschreibt, dass BATE-SMITH und SWAIN bereits 1962 auf Grundlage von WHITE (1957) die pflanzlichen Tannine beschrieben haben. Sie charakterisierten die Tannine als wasserlösliche Phenolstoffe mit Molekulargewichte zwischen 500 und 3000 Dalton (HASLAM 1989 und HASLAM 1998 nach WHITE 1957). Neben den normalen phenolhaltigen Reaktionen hätten sie auch die Fähigkeit in Reaktion mit Alkaloiden, Gelatin und Proteinen zu treten (HASLAM 1989 und HASLAM 1998 nach BATE-SMITH und SWAIN, 1962).

Die Tannine werden während des Sekundärmetabolismus in der Pflanze synthetisiert (SILANIKOVE et al., 2001). Höhere Pflanzen verwenden für den Aufbau phenolischer Substanzen Phenylalanin aus dem Shikimatweg. Über Zwischenschritte des Acetat-Malonat-Weges und den Zimtsäureweg werden Gerbstoffe (u.a. Tannine) in den Pflanzen gebildet (LIEBEREI und REISDORFF, 2012).

Polyphenole (Tannine) sind dafür bekannt, dass sie den Futterwert von bestimmten Futtermitteln herabsetzen. Außerdem können im Pflanzengewebe enthaltene Polyphenole die mikrobielle Zersetzung von Pflanzen im Boden reduzieren (HASLAM 1989). Bei einer hohen Aufnahme von tanninhaltigen Pflanzeninhaltsstoffen geht die Futteraufnahme sowie die Verdaulichkeit der Faserbestandteile zurück (HERVÁS et al., 2003).

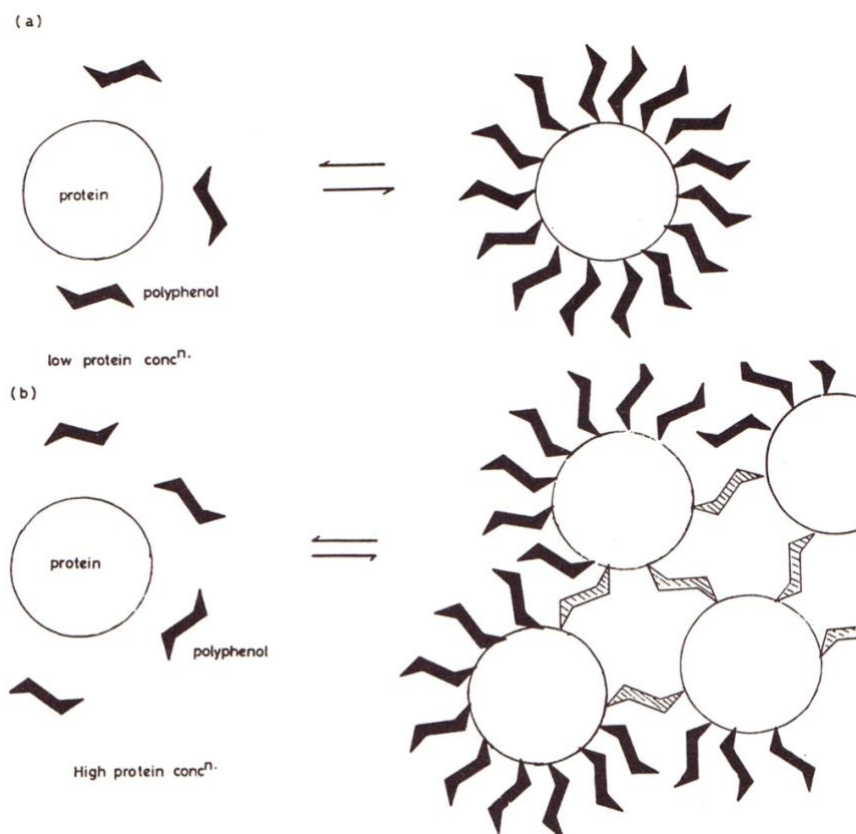
Tannine binden an Proteine und es entsteht ein Protein-Tannin-Komplex, dessen Stabilität vom pH-Wert und der Temperatur abhängt (MAKKAR und BECKER, 1996). Polyphenole (Tannine) sind aufgrund der Molekülgröße sowie des Aufbaus in der Lage, vernetzte stabile Strukturen mit verschiedenen Proteinen einzugehen. Bei einer geringen Proteinkonzentration binden die Polyphenole an einer oder mehreren Seiten der Proteinoberfläche an. Sie bilden eine monomolekulare Schicht, die weniger hydrophil ist als das Protein selbst (Abbildung 2 Teil a). Bei einer hohen Proteinkonzentration wird eine relativ hydrophobe Oberfläche durch Komplexbildung der Polyphenole auf dem Protein und durch Vernetzung mit anderen Proteinmolekülen über mehrzählige Polyphenole gebildet (Abbildung 2 Teil b) (HASLAM 1989).

Die Bindung der Tannine an Proteine schien so MOLE und WATERMAN (1985) die Veränderungen der Proteolyse zu verursachen. Sie schlossen jedoch weitere indirekte Interaktionen zwischen Tanninen und einem weiterem Zwischenprodukt<sup>12</sup> nicht aus, beispielsweise die Beeinflussung des Proteinaufbaus durch Kationen.

OH et al. (1980) stellten fest, dass Tannine und Proteine durch hydrophobe Bindungen Komplexe eingehen. REED (1995) beschrieb, dass kovalente Bindungen zwischen Tanninen und Proteinen durch oxidative Polymerisation als Ergebnis von Hitzeeinwirkung (UV-Einstrahlung) möglich sind.

---

<sup>12</sup> In der Literaturquelle als „Third-Party“-Zwischenprodukt bezeichnet



**Abbildung 2: Protein-Polyphenol-Komplex (HASLAM 1989)**

Generell wird davon ausgegangen, dass Tannine sich nicht bevorzugt an spezielle Proteine binden (HAGERMAN und BUTLER, 1981). HAGERMAN und BUTLER (1981) wiesen daraufhin, dass diese generelle Meinung sich nicht mit ihren Untersuchungen deckt. Ihre Ergebnisse zeigten, dass sich kondensierte Tannine effizienter an Proteine binden, wenn ein großer Überschuss anderer Proteine existiert. Diese spezielle Interaktion setzte sich aus der Molekülgröße, dem Molekülaufbau sowie der Lage der Moleküle zusammen. Die große Affinität von prolinreichen Polypeptiden für Tannine lies sich, so vermuteten die Autoren, teilweise auf die offene Konformation<sup>13</sup> der Tannine und ihre Möglichkeit zur Bildung starker Wasserstoff-Brücken-Bindungen mit kondensierten Tanninen zurückführen. Weiterhin, so die Autoren, hatten Proteinmoleküle mit einem Molekulargewicht von unter 20.000 eine geringere Affinität zu Tanninen. ASQUITH und BUTLER (1985) führten die Kettenlänge der Tannine als ein weiteres Kriterium für die Proteinfällung an.

OH und HOFF (1987) beschrieben den Fällungsprozess der Proteine im Beisein von Tanninen als eine Reaktion, die in zwei Schritten abläuft. Im ersten Schritt wird das Tanninmolekül an

<sup>13</sup> räumliche Anordnung eines Moleküls

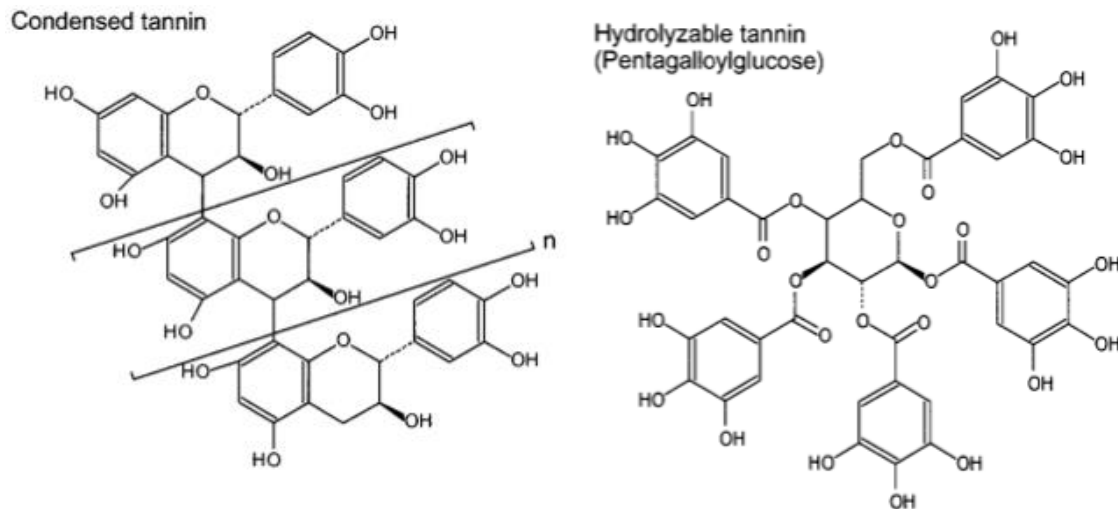
das Protein gebunden und im zweiten Schritt findet ein Zusammenschluss (Aggregation) der Initial-Tannin-Komplexe zu größeren Einheiten statt, die dann das Fällungsprodukt darstellen. Der Protein-Tannin-Komplex wird nur sehr langsam im Pansen abgebaut und passiert den Pansen als pansenstabiler Proteinkomplex (HAGERMAN und BUTLER, 1981). In Fütterungsversuchen mit kondensierten Tanninen (aus Mimosengewächsen) an Schafen konnte gezeigt werden, dass die Mehrheit der Tannin-Protein-Verbindungen posttrimal gelöst wurden. Abhängig von der Quelle wurden die meisten Verbindungen (im Durchschnitt 91 %) zwischen dem Labmagen und dem terminalen Ilium gelöst (siehe Anhang Tabelle 65) (KARIUKI und NORTON, 2008).

Im Allgemeinen werden die Tannine in zwei (SANTOS-BUELGA und SCALBERT, 2000) selten in drei Hauptgruppen (BEECHER 2003) eingeteilt: hydrolysierbare Tannine und kondensierte Tannine (vergleiche Abbildung 3) sowie Tannin-Derivate<sup>14</sup> (siehe Abbildung 4). BEECHER (2003) beschrieb, dass die Tannin-Derivate durch den Einfluss oxidativer Enzyme unter atmosphärischer Umgebung während der Verarbeitung von Lebensmitteln<sup>15</sup> entstehen und hauptsächlich in Oolong-Tee und Schwarzem Tee sowie Kaffee und Rotwein vorkommen. Außerdem wies er darauf hin, dass es in dieser Gruppe von Tanninen oft schwierig war, eine genaue Nomenklatur aufgrund der komplexen Verbindungen einzuführen und als Konsequenz viele Trivialnamen eingeführt wurden. SANTOS-BUELGA und SCALBERT (2000) unterschieden nur zwei Tanninhauptgruppen und ordneten die Tanninderivate den kondensierten Tanninen zu.

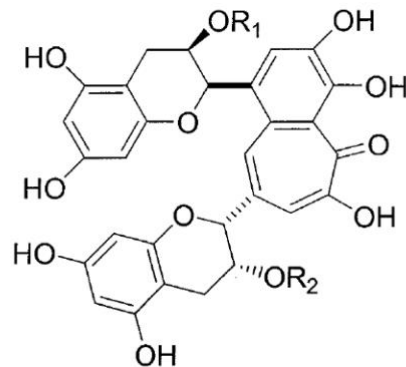
---

<sup>14</sup> Derivate: verzweigt

<sup>15</sup> Die Autoren nannten neben Lebensmitteln auch Futtermittel, jedoch wurden keine Beispiele für Futtermittel aufgeführt.



**Abbildung 3: Chemische Struktur eines kondensierten (links) und eines hydrolisierbaren Tannins (rechts) (McMAHON et al., 2000)**



**Abbildung 4: Allgemeine Struktur der Tanninderivate von Oolong-Tee und Schwarzem Tee (BEECHER 2003)**

Ergänzend soll hinzugefügt werden, dass in wenigen Literaturstellen Phlorotannine erwähnt wurden, bei denen es sich um eine weitere Tanningruppe handelt, die aus Braunalgen isoliert wurde. In Finnland wurden unter anderem Untersuchungen durchgeführt, die den Einfluss der Beweidung von Schnecken auf den Phlorotanningehalt und das Wachstum von *Fucus vesiculosus* (Braunalgen) aufzeigten (JORMALAINEN et al., 2003).

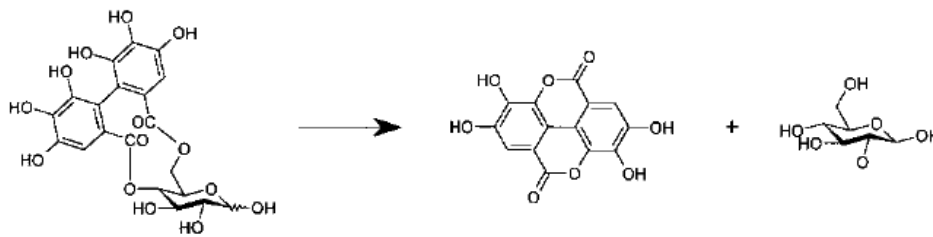
Hydrolisierbare und kondensierte Tannine, die quantitativ in der Literatur am häufigsten beschrieben werden, werden in den folgenden Abschnitten (3.4.3 und 3.4.4) voneinander abgegrenzt.

### 3.4.3 Hydrolisierbare Tannine

Auf Grund ihrer in der Tierernährung unerwünschten Wirkung und ihrer geringeren Verbreitung gegenüber kondensierten Tanninen (SANTOS-BUELGA und SCALBERT 2000) sollen hydrolisierbare Tannine nur kurz erläutert werden. Die hydrolisierbaren Tannine

werden im Magen-Darm-Trakt unter Bildung von Gallussäure hydrolysiert (SCHULZ und HÄNSEL, 2004) und werden in der Literatur auch als Tanninsäure bezeichnet (u.a. LEINMÜLLER et al., 1991). Sie werden zu Zuckerteilen und kleinen Phenolstücken abgebaut und aufgrund ihrer geringen Größe absorbiert. Ihre toxischen Eigenschaften wirken sich auf den Magen-Darm-Trakt, die Leber und die Niere aus (SINGLETON und KRATZER, 1969).

Hydrolisierbare Tannine werden in Gallotannin und Ellagitannin unterteilt (HASLAM et al., 1961). Der Vorläufer dieser beiden Säuren ist Pentagalloylglucose (MUELLER-HARVEY 2001). Hydrolisierbare Tannine enthalten Kohlenhydrate, meistens ist es Glukose, sowie durch Reaktionen mit Säuren, Basen oder Enzymen eine oder mehrere phenolische Säuren (HASLAM et al., 1961).



**Abbildung 5: Hydrolyse von Ellagitannin (CLIFFORD und SCALBERT 2000)**

Das Vorkommen der Ellagitannine (in der Abbildung 6 Ellagic acid) beschränkt sich auf wenige Früchte und ein paar Nussarten:

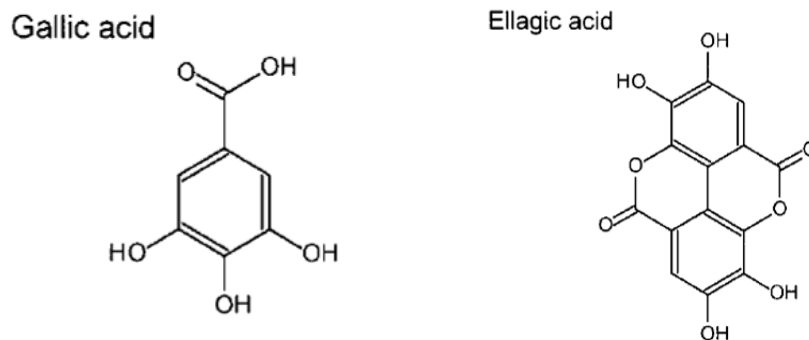
- Erdbeeren (CLIFFORD und SCALBERT 2000)
- Himbeeren (CLIFFORD und SCALBERT 2000)
- Brombeeren (CLIFFORD und SCALBERT 2000)

Weitere hydrolisierbare Tannine:

- *Clidemia hirta* (Seifenstrauch): Diese Pflanze gehört zur Familie der Melastomataceae und kommt im tropischen Südamerika, Mexiko und West-Indien vor (FRIESEN 2011). Sie enthält 19 % hydrolisierbare Tannine (MURDIATI et al., 1990).
- *Terminalia oblongata*: Buschiger Baum, der eine Höhe von 10 bis 12 Metern erreicht und in einer großen Region Queensland, Australien, wächst. Er bildet toxische Tannine (DOIG et al., 1990).
- *Quercus aegilops* (Eichenart) (Bezugsquelle in der Literatur: Belgien) (HASSANAT und Benchaar, 2013)
- *Quercus robur*: Die Rinde dieser Eichenart enthält im hohen Maße Gerbstoffe, vor allem Gallotannin (SCHULZ und HÄNSEL, 2004).

- *Eucalyptus sp.* (Eukalyptus) aus der Familie der Myrtaceae (MUELLER-HARVEY 2001)
- *Castanea sativa* (Kastanienart) (HASSANAT und Benchaar, 2013)

Hydrolisierbare Tannine sind verglichen mit kondensierten Tanninen schwerer zu analysieren. Die Dünnschichtchromatographie (TLC) oder die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) sind Verfahren mit denen sich die verschiedenen Tannintypen unterscheiden lassen (MUELLER-HARVEY 2001).



**Abbildung 6: Hydrolisierbare Tannine (links: Gallussäure und rechts: Ellagsäure) mit einer Esterverbindung und einem Hexoserest (MCMAHON et al., 2000)**

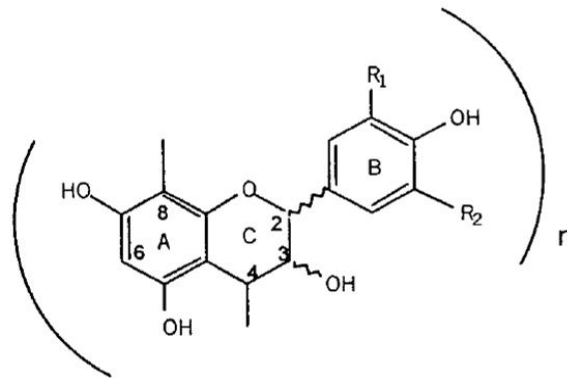
REED (1995) beschrieb, dass Lebernekrosen sowie Nierenschäden in unterschiedlichen Literaturquellen beschriebene Vergiftungserscheinung sind, verursacht durch die Aufnahme von hydrolisierbaren Tanninen. Aus diesem Grund müssen für den Einsatz von hydrolisierbaren Tanninen in der Fütterung die toxischen Eigenschaften beseitigt werden. So hat sich in einem Versuch von MURDIATI et al. (1990) Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) als wirkungsvoll erwiesen, andere Calciumsalze zeigten hingegen keine Wirkung.

#### 3.4.4 Kondensierte Tannine

Proanthocyanidine (PA; Synonym: Kondensierte Tannine) kommen im Gegensatz zu hydrolisierbaren Tanninen häufiger in Rinde und Holz vor (BHAT et al., 1998). Kondensierte Tannine sind Polymere von Flavan-3-ol (Catechin) und/oder Flavan-3,4-diol (Leucoanthocyanidin) (siehe Abbildung 8) (MCMAHON et al., 2000). Ihre elementaren Atome sind durch zwei Kohlenstoffe zum Teil auch durch C-O-C-Bindungen verbunden. Das Flavan-3-ol in den kondensierten Tanninen besteht aus dem typischen Flavonoid-Skelett (C6-C3-C6) (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen die drei entscheidenden Ringe der kondensierten Tannine. In Abbildung 7 sind sie durch die Buchstaben A, B und C gekennzeichnet. Diese Ringe unterscheiden den strukturellen Aufbau gemäß der Anzahl der Hydroxylgruppen an

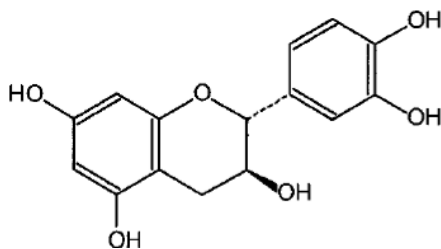
beiden aromatischen Ringen und der Stereochemie der asymmetrischen Kohlenstoffe des heterogenen Ringes (SANTOS-BUELGA und SCALBERT, 2000). Durch die Polymerisation zu größeren Molekülen können die kondensierten Tannine nicht absorbiert werden und sind typischerweise nicht toxisch (SINGLETON und KRATZER, 1969).



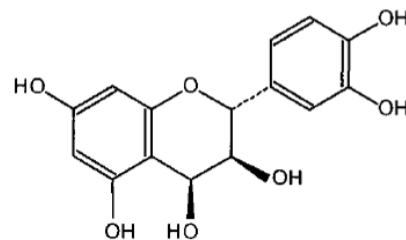
R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>=H, Propelargonidins; R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>=OH, Procyanidins; R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>=OH, Prodelphinidins

**Abbildung 7: Grundstruktur der kondensierten Tannine (SANTOS-BUELGA und SCALBERT, 2000)**

**Flavan-3-ol (catechin)**



**Flavan-3,4-diol (leucoanthocyanidin)**



**Abbildung 8: Kondensierte Tannine sind Polymere von Flavan3-ol oder Flavan-3,4-diol (McMAHON et al., 2000)**

Die kondensierten Tannine, manchmal auch als nicht-hydrolysierbare Tannine bezeichnet, enthalten, wenn überhaupt, nur geringe Kohlenhydratanteile und werden durch Mineralsäure in nichtlösliche, amorphe Phlobaphene (Gerbstoffe) umgewandelt (HASLAM et al., 1961).

In Untersuchungen von Polyphenolen-Protein-Komplexen im Boden wurde festgestellt, dass kondensierte Tannine (Quebracho) im Gegensatz zu hydrolysierbaren Tanninen (Tanninsäure) 25 % mehr Proteine binden (MUTABARUKA et al., 2007). Kondensierte Tannine binden an Proteine effizienter an, wenn der pH-Wert in der Nähe ihres isoelektrischen Punktes liegt (HAGERMAN und BUTLER, 1981).

MUPANGWA et al. (2000) untersuchten drei tropische Futterleguminosen (*Cassia rotundifolia*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*). Dabei fanden sie heraus, dass 54,5; 74,0 und 86,2 % der kondensierten Tannine in *C. rotundifolia*, *L. purpureus*, *M. atropurpureum*



proteingebunden waren, hingegen nur 1,75; 3,71 und 1,41 % der kondensierten Tannine an der Faser gebunden waren.

Innerhalb der Gruppe der kondensierten Tannine müssen vor allem bei der Futteraufnahme durch Herbivore Unterscheidungen im Aufbau der C-Körper der Tannine gemacht werden (CLAUSEN et al., 1990). CLAUSEN et al. (1990) stellten fest, dass die Struktur der kondensierten Tannine einen wichtigen Einfluss auf die biologische Aktivität hat. Sie vermuteten, dass bestimmte Strukturen möglicherweise schneller absorbiert werden. Die Autoren wiesen darauf hin, dass es somit unmöglich ist, Konsequenzen bei der Aufnahme von tanninreichem Futter durch Herbivore generell abzuschätzen. Um generelle Aussagen machen zu können, müsste die Interaktionen zwischen den tanninreichen Futterpflanzen und den Herbivoren genauer untersucht werden.

Moderate Gehalte kondensierter Tannine in der Wiederkäuerfütterung hemmen nachweislich den Proteinabbau durch Mikroorganismen im Pansen (MIN und HART 2003), dies führt zu einer Effizienzsteigerung in der Proteinnutzung (GETACHEW et al., 2008). LÓPEZ-ANDRÉS et al. (2013) stellten fest, dass kondensierte Tannine aus Quebracho im Gastrointestinal-Trakt nicht verdaut und absorbiert werden.

#### 3.4.5 Ernährungsphysiologische Bedeutung der Tannine in der Wiederkäuerfütterung

Gehalte unter 5 % kondensierter Tannine in der Gesamtration bezogen auf die TM führten in Untersuchungen mit *Lotus corniculatus* zu keinem negativen Einfluss auf die Futteraufnahme von Schafen. Lagen die Gehalte kondensierter Tannine in der Ration zwischen 6 und 12 %, wirkte sich dies negativ auf die Futteraufnahme, die Verdaulichkeit sowie die Produktivität der Tiere aus (AERTS et al., 1999). PRIOLO et al. (2000) hingegen stellten große Effekte kleiner Konzentrationen kondensierter Tannine (2,5 % der TM) (*Ceratonia siliqua*: Johannisbrotbaum) in der Ration<sup>16</sup> von Lämmern fest. So war die Futteraufnahme gegenüber der Kontrolle (Mais) um fast 100 g pro Tier<sup>17</sup> und Tag und ebenso das Schlachtgewicht um 5 kg reduziert, daraus ergab sich insgesamt eine schlechtere Futtereffizienz (g Körpergewichtszunahme/kg täglicher Futteraufnahme) der tanninhaltigen Ration von 112 statt 258 bei der Kontrolle.

---

<sup>16</sup> *Ceratonia siliqua* (Tannine), *Ceratonia siliqua* mit Polyethylenglykol (PEG) und Maiskörnern

<sup>17</sup> 6 Schafe je Betrachtung.

Auch die TM-Verdaulichkeit bei der tanninhaltigen Ration (61,6 gegenüber 71,8 % bei der Kontrolle) und die N-Verdaulichkeit (65,4 statt 80,2 % in der Kontrolle) waren gegenüber der Kontrolle (Maiskörner) reduziert.

In Fütterungsversuchen an Schafen konnte eine Interaktion zwischen Tanninen (Mimosa) und dem Zeitpunkt der Zulage (vor dem Silieren bzw. direkt vor dem Füttern) nachgewiesen werden. Wurden die Tannine (Mimosa) vor dem Silierprozess dem Siliergut (*Lolium perenne*) zugegeben, sank die TM-Aufnahme der Tiere ( $P < 0,05$ ) verglichen mit den Tieren, deren Silage erst kurz vor dem Füttern mit Tanninen versetzt wurde (DEAVILLE et al. 2010).

Beim gezielten Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten sind nicht nur die Einflüsse auf das Futter für den Erfolg entscheidend sondern auch die Einflüsse auf die tierischen Produkte sowie die Leistungsparameter und Gesundheit der Tiere. Die folgenden Unterkapitel fassen die aktuelle Literatur zu diesen Themen zusammen.

#### 3.4.5.1 Bedeutung tanninhaltiger Pflanzenextrakte während der Silierung

COLOMBINI et al. (2009) untersuchten den Einfluss von Luzernesilage (29 % TM), siliert mit 4,5 % hydrolysierbaren Kastanientanninen<sup>18</sup> (bezogen auf die TM), in der Milchviehfütterung. Eine Kontrollsilage wurde ohne Tannine hergestellt. Nach 130 Siliertagen konnten keine Unterschiede im Rohproteingehalt zwischen der Kontrolle (19,9 % TM) und der Versuchssilage (19,7 % TM) festgestellt werden. Eine Erklärung lieferten die Autoren nicht. Hingegen zeichnete sich die Silage mit hydrolysierbaren Tanninen gegenüber der Kontrolle durch eine signifikant niedrigere lösliche Rohproteinfraktion (A) (56,3 versus 62,4 % des Rohproteins) sowie durch höhere Gehalte der Rohproteinfraktionen B1, B2 und B3 (Kontrolle: 0,8; 24,8 und 1,5 % des Rohproteins, Tanninhaltige Silage: 3,0; 28,9 und 4,6 % des Rohproteins) aus. Auch TABACCO et al. (2006) stellten bei Untersuchungen mit tanninhaltigen Luzernesilagen fest, dass die zugesetzten hydrolysierbaren Kastanientannine eine Reduzierung der NPN-Verbindungen und des  $\text{NH}_3\text{-N}$  während der Silierung verursachten.

Die TM-Verluste während der Silierung nahmen mit steigendem Tanningehalt ab. Bei einer Zulage von 4 % hydrolysierbaren Kastanientanninen (Gesamtanningehalt 77 % in der TM; Tannin C, Silva Chimica, Italien) waren die TM-Verluste reduziert ( $P < 0,05$ ) und eine Erhöhung der Tanninzulage auf 6 % hatte keinen weiteren reduzierenden Effekt auf die TM-Verluste. Generell waren die Verluste der TM mit unter 3,5 % aufgrund der guten

---

<sup>18</sup> Tannino C, Silva Chimica, s.r.l., Italy

Fermentation niedrig (TABACCO et al., 2006). In einem zweiten Versuch, der von TABACCO et al. (2006) durchgeführt wurde, hatte eine Zulage von 4 % Kastanientanninen keinen Einfluss auf die Reduzierung der TM-Verluste (3,0 und 2,0 %). SALAWU et al. (2001) konnten keine Einflüsse von 16 g Quebracho-Tannin pro kg auf den TM-Gehalt der Silage (Erbsen-Weizen-Gemenge) nach einer Silierdauer von 112 Tagen feststellen.

Die Kastanientannine nahmen keinen Einfluss auf die Fermentationsprodukte während der Silierung. Die Autoren schränkten diese Aussage jedoch etwas ein und schlossen einen leichten Einfluss der Tannine auf die Struktur der Fermentationsprodukte nicht aus und erklärten somit die reduzierende Wirkung der Zulage von 4 % Tanninen auf die TM-Verluste ihres ersten Versuches (TABACCO et al., 2006).

Die aerobe Stabilität tanninhaltiger Silagen<sup>19</sup> war ähnlich mit der Kontrolle. Innerhalb von sechs Tagen belief sich der Temperaturunterschied zwischen den Silagen und der Außentemperatur um weniger als ein Kelvin (SALAWU et al., 2001).

In den Silierversuchen wurden die Tannine bzw. die tanninhaltigen Produkte, bevor sie mit dem Siliergut vermischt wurden, in Wasser aufgelöst (siehe Tabelle 5). Allgemein gelten die Tannine als sehr gut wasserlöslich. Durch das Auflösen der Tannine in Wasser lassen sich die Tannine durch besprühen des Siliergutes gleichmäßig auf dem Siliergut verteilen (TABACCO et al., 2006). Die in der Tabelle 5 dargestellten Tanninmengen, die in Silierversuchen verwendet wurden, dienten experimentellen Versuchsansätzen. In der Praxis sind diese Dosierungen aus heutiger Sicht nicht anwendbar.

**Tabelle 5: Behandlung von Grünlandaufwüchsen mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft vor dem Silieren**

Literaturquelle	Siliergut	Tanninguelle	Tanninmenge je ml Wasser
LAVRENČIĆ und LEVART (2006)	Grünlandaufwuchs	Farmatan 75®	0, 3, 15 und 30 g/kg FM aufgelöst in 125 ml destilliertem Wasser/kg Gras
SALAWU et al. (1999)	<i>Lolium perenne</i>	Mimosa, Quebracho und Myrabolam	50 und 5 g aufgelöst in 20 ml destilliertem Wasser
TABACCO et al. (2006)	Luzerne (Equipe)	Kastanientannin (Gesamt-tannin-gehalt 77 %)	2, 4 und 6 % (bezogen auf die TM) aufgelöst in 50 ml Wasser/kg Frischmasse

In einem Silierversuch mit Grünlandaufwüchsen wurden unterschiedliche Mengen (0, 3, 15 und 30 g/kg) eines Kastanientanninextraktes (Farmatan 75®, Tanin Sevnica) zu dem Grüngut

<sup>19</sup> Quebracho-Tannin (16 g/kg FM); Siliergut: Erbsen-Weizen-Gemenge

gegeben. Nach 3 Monaten stellten LAVRENCIĆ und LEVART (2006) fest, dass mit steigendem Anteil der Kastanientannine (hoher Gehalt an hydrolysierbaren Tanninen) der Rohproteingehalt im Siliergut signifikant<sup>20</sup> abnahm. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

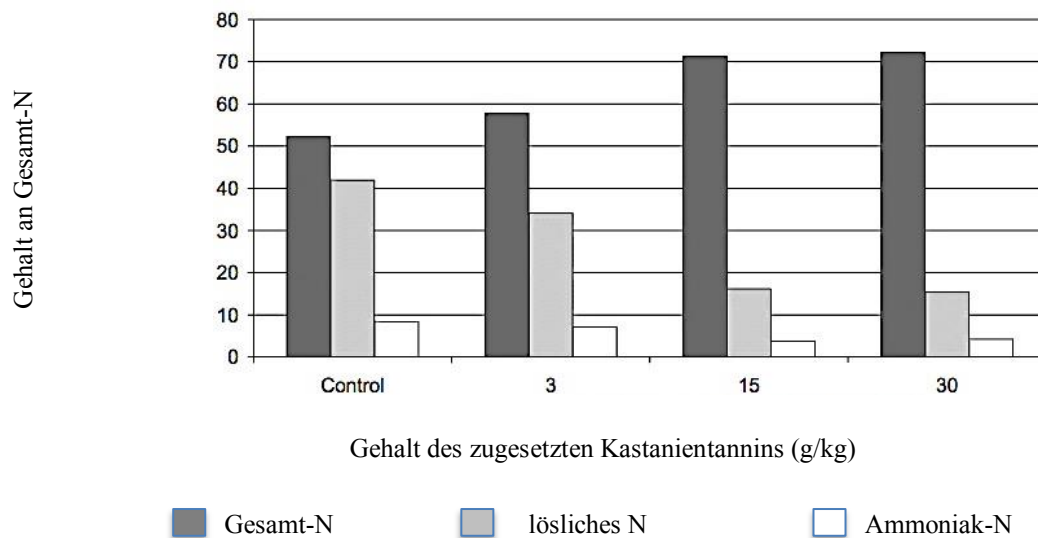
Durch den Einsatz des Kastanientanninextraktes in den Silagen sank der N-Gehalt im NH<sub>3</sub>-N verglichen mit der Kontrollsilage (vergleiche Tabelle 6 und Abbildung 9) (LAVRENCIĆ und LEVART, 2006). 2005 veröffentlichten LAVRENCIĆ und LEVART bereits ähnliche Untersuchungen und beschrieben ebenfalls eine signifikante Reduzierung des N-Gehaltes im NH<sub>3</sub>-N durch den Einsatz eines Tanninextraktes aus der Kastanie (0, 3, 7, 11 und 15 g Kastanientanninextrakt/kg getrocknetem Gras). Jedoch wiesen sie darauf hin, dass ihre Untersuchungen unter optimalen Silierbedingungen (TM-Gehalt sowie Verdichtung) durchgeführt wurden und vermuteten, dass unter weniger guten Silierbedingungen die Wirkung der Tannine besser gewesen wäre.

**Tabelle 6: Rohnährstoffzusammensetzung der Versuchssilagen mit unterschiedlichen Gehalten (in g/kg) eines tanninhaltigen Kastanienextraktes (LAVRENCIĆ und LEVART, 2006)**

	Einheit	Zulagestufen des Kastanientanninextraktes (g/kg Frischmasse)			
		0 (Kontrolle)	3	15	30
<b>Trockenmasse (TM)</b>	g/kg	212	217	206	219
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	133 <sup>a</sup>	132 <sup>a</sup>	116 <sup>b</sup>	117 <sup>b</sup>
<b>Rohfett</b>	g/kg TM	39 <sup>a</sup>	36 <sup>ab</sup>	29 <sup>c</sup>	28 <sup>c</sup>
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM	341 <sup>a</sup>	316 <sup>ab</sup>	314 <sup>b</sup>	306 <sup>b</sup>
<b>NfE</b>	g/kg TM	435 <sup>c</sup>	451 <sup>bc</sup>	478 <sup>a</sup>	469 <sup>ab</sup>
<b>NDF</b>	g/kg TM	578 <sup>a</sup>	553 <sup>b</sup>	577 <sup>a</sup>	572 <sup>ab</sup>

abc: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe beschreiben statistisch signifikante Unterschiede (P < 0,05)

<sup>20</sup> Abnahme ab einem Tanningehalt von 15 g/kg signifikant



**Abbildung 9: Verhältnis des Gesamtstickstoffs (Gesamt-N), löslichen Stickstoffs (N) sowie des Ammoniakstickstoffs (Ammoniak-N) in den Silagen beeinflusst durch unterschiedliche Gehalte eines Kastanientannins (LAVREŇIĆ und LEVART, 2006)**

Die Erhöhung der Tanninkonzentration (0, 2, 4 und 6 % Kastanientannine in der TM) in der Silage verursachte eine signifikante Reduzierung der leicht löslichen Rohproteinfraktionen (Fraktion A und B1) in Abhängigkeit von der eingesetzten Tanninmenge; andererseits erhöhten die Tannine den Gehalt des pansenstabilen Rohproteins (Fraktion B) signifikant, ohne die Verdaulichkeit dieser Rohproteinfraktion zu beeinflussen (TABACCO et al., 2006). Die Fraktion C in den Silagen wurde durch kondensierte Tannine (aus Hornklee) nicht beeinflusst (COBLENTZ und GRABBERT 2013).

TABACCO et al. (2006) hoben hervor, dass hydrolysierbare Tannine (z.B. Kastanientannine) als Inhibitoren eine Wirkung auf das Wachstum der Mikroorganismen und einen chemischen oder biologischen Effekt oder möglicherweise beides auf die bakterielle Flora während der Silierung hätten.

Ein starker negativer Zusammenhang wurde zwischen der Tanninkonzentration und der Konzentration an löslichem NPN festgestellt. ALBRECHT und MUCK (1991) beschrieben, dass es bekannt ist, dass Tannine störend auf eine große Anzahl an Enzymen wirken und allgemein an Proteine binden. Dies werteten die Autoren dahingehend, dass Tannine eine große Rolle bei der Reduzierung der Proteolyse in Silagen, die aus tanninhaltigen Leguminosen gemacht wurde, spielen.

GUO et al. (2007) verglichen den Einfluss verschiedener Silierzusätze (Ameisensäure, Formaldehyd sowie 20 und 50 g Tanninsäure<sup>21</sup>/kg TM) auf die Proteolyse während der Silierung von Luzerne. In Tabelle 7 ist die Aufteilung des Gesamt-N dargestellt. Der niedrigste N-Gehalt im NH<sub>3</sub>-N wurde durch den Zusatz von Ameisensäure erreicht. Eine signifikante Erhöhung des Peptid-N konnte unter anderem in den zwei tanninhaltigen Varianten gegenüber der Kontrolle festgestellt werden (vergleiche Tabelle 7).

**Tabelle 7: pH-Wert sowie Aufteilung des Gesamtstickstoffs in den Luzernesilagen nach 35 Siliertagen (GUO et al., 2007)**

Behandlung	pH	Gesamt NPN <sup>1</sup>	NH <sub>3</sub> -N <sup>2</sup>	Freier Amino-Stickstoff	Peptid-Stickstoff
		g/kg Gesamt-N			
Kontrolle	4,43b	633a	72,7a	391a	164c
Formaldehyd	4,91a	428b	51,9b	173d	180b
Ameisensäure	3,83c	446b	35,9c	213c	187b
2 % Tannin	4,57b	546ab	64,1ab	276b	190ab
5 % Tannin	4,49b	476b	58,4b	231c	205a
S.E.M	0,100	24,77	3,70	20,85	12,4
Signifikanzlevel	**	*	**	***	**

<sup>1</sup>NPN: Nicht-Protein-Stickstoff; <sup>2</sup> NH<sub>3</sub>-N: Ammoniakstickstoff

abc: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe beschreiben statistisch signifikante Unterschiede (P < 0,05)

\* P < 0,05; \*\* P < 0,01; \*\*\* P < 0,001

Weiterhin untersuchten GUO et al. (2007) die Aktivität proteolytisch wirkender Enzyme. Sie stellten dabei fest, dass Formaldehyd als Silierzusatz gegenüber Tanninsäure (hydrolysierbaren Tanninen) effektiver bezüglich der Reduzierung der Proteolyse war.

In Untersuchungen zur Silierung von Beiprodukten aus der Grünen Tee- sowie der Schwarzen Tee-Herstellung bei unterschiedlichen Lagerungstemperaturen wurde festgestellt, dass bei einer Lagerungstemperatur von 20 und 30 °C gegenüber 10 °C der Tanningehalt in den Silagen signifikant geringer war (KONDO et al., 2014).

#### 3.4.5.2 Wirkung der Tannine während des Proteinumbaus im Pansen

Mit dem Futter aufgenommene Tannine haben durch eine bakterienhemmende sowie bakterizide Wirkung und durch Inaktivierung verschiedener Enzyme (u.a. Carboxymethylcellulase, Proteasen, Glutamatdehydrogenase) einen Einfluss auf den Pansenmetabolismus (KUMAR und VAITHIYANATHAN, 1990). GETACHEW et al. (2008) beschrieben, dass Tannine den Proteinabbau stärker als den TM-Abbau beeinflussten. Die Autoren stellten bei *in vitro*-Versuchen fest, dass kondensierte Tannine (Quebracho) gegen den mikrobiellen Abbau im Pansen weitgehend resistent waren. Die Zugabe von geringen

---

<sup>21</sup> hydrolysierbare Tannine

Tanningehalten zum Luzerneheu während der *in vitro*-Messung der Gasproduktion im Pansen hatte nur minimale Effekte verglichen mit der Zugabe von höheren Tanningehalten<sup>22</sup>. Bei *in vitro*-Versuchen zur Pansenfermentation hatte die Zugabe von Gallussäure oder Quebrachotannin einen reduzierenden Einfluss auf den Gehalt an Ammonium-N (NH<sub>4</sub>-N) (vergleiche Tabelle 8). Auch SINGH et al. (2001) stellten einen reduzierenden Effekt von Tanninsäure auf die Ammoniakkonzentration *in vitro* fest.

**Tabelle 8: Reduzierung (in %) des Ammoniumstickstoffs (NH<sub>4</sub>-N) und der *in vitro*-Abbaubarkeit gegenüber der Kontrolle nach dem Einsatz von Quebrachotanninen und Gerbsäure in unterschiedlichen Konzentrationen (nach GETACHEW et al., 2008)**

Reduzierung (in %)	Quebrachotannin			Gerbsäure		
	20 g	40 g	60 g	20 g	40 g	60 g
NH <sub>4</sub> -N	2	7	12	5	6	12
	Quebrachotannin			Gerbsäure		
	50 g	100 g	150 g	50 g	100 g	150 g
NH <sub>4</sub> -N	12	30	51	14	26	47
<i>In vitro</i> -Abbaubarkeit	13	30	36	14	25	48

Verglichen mit der Kontrolle war die Effizienz des mikrobiellen Wachstums in der Anwesenheit von Gallus- und Gerbsäure geringer, aber höher bei Quebrachotannin. GETACHEW et al. (2008) wiesen auf Grundlage ihrer Untersuchungen darauf hin, dass die Effekte der Tannine auf die Pansenfermentation und den Proteinabbau im Wesentlichen von den verwendeten Tanninprodukten/-extrakten abhingen sowie von der verwendeten Menge. BARRY et al. (1986) hoben hervor, dass hohe Gehalte kondensierter Tannine in der Ration eine hohe N-Retention verursachten, also günstig zu beurteilen waren.

In *in situ*-Untersuchungen von COBLENTZ und GRABBERT (2013) zum ruminalen Proteinabbau von Luzerne und *Lotus corniculatus* L. zeigte sich, dass die Fraktion B in Abhängigkeit von der Konzentration der kondensierter Tannine aus Hornklee (0 bis 2,77 % der TM) linear über die Zeit anstieg. Weiterhin stellten die Autoren in ihren Untersuchungen fest, dass für eine tanninhaltige Leguminose mit 21 % Rohprotein eine Konzentration von 3,8 % kondensierten Tanninen benötigt wurde, um den Anteil an im Pansen verfügbaren Protein im Heu oder Silagen von 81 % des Rohproteins auf 70 % zu reduzieren, welches als optimal bezüglich der Proteinversorgung und der Milchproduktion bei Milchkühen angesehen wird.

Die Produktion von NH<sub>3</sub>-N im Pansen von Lämmern konnte durch Supplementierung von Tanninen (Allepo-Tannin) zu Sojabohnenmehl reduzierend beeinflusst werden. Durch

<sup>22</sup> Verwendete Tannine: Gallussäure, Gerbsäure und Quebrachotannin; Tanningehalte: niedrige Tanningehalte (20, 40 und 60 g/kg TM) im Experiment eins und hohe Tanningehalte (0, 50, 100 und 150 g/kg TM) im Experiment zwei; die Tannine wurden in destilliertem Wasser aufgelöst (400, 800 und 1200 mg Tannine/100 ml destilliertem Wasser)

Pelletierung des mit Tanninen angereicherten Sojabohnenmehls konnte gegenüber der unpelletierten Variante eine verbesserte N-Retention erreicht werden. Durch 10 % Tannine in der Ration konnte die Desaminierung des Sojabohnenmehls um 90 % gegenüber der Kontrolle reduziert werden (DRIEDGER und HATFIELD, 1972).

JONES et al. (1994) beschäftigten sich mit den Effekten von kondensierten Tanninen in Esparsette (*Onobrychis viciifolia* Scop.) auf das Wachstum und die Proteolyse von vier Pansenbakterienstämmen (*Butyrivibrio fibrisolvens*, *Streptococcus bovis*, *Prevotella ruminicola* und *Ruminobacter amylophilus*). Das Wachstum von *Butyrivibrio fibrisolvens* wurde bei einem Gehalt von 100 µg kondensierten Tanninen/ml nicht beeinflusst, jedoch bei einem Gehalt von 200 µg kondensierten Tanninen/ml. Auf das Wachstum der anderen Bakterienarten hatte ein Gehalt von 600 µg kondensierten Tanninen/ml keinen Einfluss. Die kondensierten Tannine der Esparsette lagerten sich an den Zellwandpolymeren an und verminderten bei einem Gehalt von 25 µg Tannine/ml die zell-assoziierte Proteolyseaktivität in *Butyrivibrio fibrisolvens* und *Streptococcus bovis* mit 48 bzw. 95 % deutlich. Bei beiden Bakterienarten war das Verhältnis zwischen zellwand-assoziiierter und löslicher Aktivität mit 25 µg Tanninen/ml vergleichbar mit der Kontrolle. LUI et al. (2011) konnten nachweisen, dass Kastanientannine einen Einfluss auf die Aktivität der Protozoenpopulation im Pansen hatten. PRIOLO et al. (2000) vermuteten, dass kondensierte Tannine sich an bakterielle Enzyme banden und deren Aktivität mit der Konsequenz einer verlangsamten Futterverdaulichkeit reduzierten.

Fütterungsversuche an Schafen mit Erbsen und Kastanientanninen zeigten, dass zwei bzw. drei Prozent Tannine bezogen auf das Erbsenrohprotein in der Ration zu gering waren, um den Proteinabbau im Pansen zu senken. Die TM- sowie N-Verdaulichkeit wurden durch die Tanninmenge in der Ration nicht beeinflusst (PONCET und RÉMOND, 2002). BARRY et al. (1986) beschrieben, dass die Menge der Zulage kondensierter Tannine ein Balanceakt zwischen den positiven Effekten auf die N-Verdaulichkeit und den negativen Effekten auf die schlechtere ruminale Verdaulichkeit der Kohlenhydrate war. Die Autoren empfahlen eine Zulage von 30 bis 40 g kondensierten Tanninen pro kg TM in der Ration.

In Untersuchungen an Schafen wurde von DAWSON et al. (1999) festgestellt, dass durch die Fütterung von Quebracho-Tanninen nicht nur Effekte im Pansen, sondern auch im Gastrointestinaltrakt messbar waren. Im Pansen wurde die Faserverdaulichkeit reduziert, wohingegen im Gastrointestinaltrakt Hinweise zu finden waren, die auf eine morphologische Veränderung und eine Beeinträchtigung der Funktionseignung im Darm hindeuteten.



Der Effekt von Flechtentannin auf die Proteinverdaulichkeit wurde an wachsenden Ziegen (5 Nguni und 13 Boer) in Südafrika untersucht. Durch Supplementierung der Tannine (0; 7,5; 15; 22,5 und 30 g Flechtentannine/kg TM) einen erhöhten Proteinstatus für die Ziegen zu erreichen, stuften BENGALY et al. (2007) als unwahrscheinlich ein.

In einer *in vitro*-Studie zum Einfluss von Tannin auf konjugierte Linolsäuren (CLA) konnte im Fermenter festgestellt werden, dass durch die Zugabe von Tanninen der Gesamtgehalt an konjugierten Linolsäuren nicht beeinflusst wurde, aber eine Erhöhung des Anteils an akkumulierter Vaccensäure zu verzeichnen war. Stearinsäure wurde um 16 % durch die Gabe von 1 mg/ml Tannin verglichen mit der tanninfreien Variante reduziert (VASTA et al., 2009b).

### 3.4.5.3 Effekte der kondensierten Tannine auf tierische Produkte

WOODWARD et al. (2000) berichteten, dass durch Fütterung von *Lotus corniculatus* (Gewöhnlicher Hornklee) an Milchkühe die Milchmenge gegenüber der Kontrollfütterung mit Weidelgras zunahm (siehe Tabelle 9).

**Tabelle 9: Futteraufnahme und Milchleistungsparameter von Milchkühen (Holstein-Friesian), gedrencht mit 50 % Polyethylenglykol (PEG) oder Wasser (3,6 l/Tag), bei Aufnahme von Weidelgras oder *Lotus corniculatus* (WOODWARD et al., 2000)**

	Weidelgras	Weidelgras + PEG	<i>Lotus</i>	<i>Lotus</i> + PEG	SED
Milchmenge (kg/Kuh/Tag)	15,53	15,49	21,24	18,61	0,63
Futteraufnahme (kg TS/Kuh/Tag)	15,4	15,0	17,3	17,1	0,6
Fett (%)	4,42	4,36	4,09	4,20	0,06
Protein (%)	3,12	3,08	3,34	3,16	0,05
Laktose (%)	4,93	4,97	4,92	4,92	0,04
Milchtrockenmasse (kg/Kuh/Tag)	1,16	1,15	1,58	1,37	0,05
Effizienz (ml FCM/MJ/ME)	150	146	184	148	9

Drei Prozent Quebracho (kondensierte Tannine) führten zu einer schlechteren Futteraufnahme, aber verbesserten die Futtereffizienz (Milchmenge/ TM-Aufnahme) in der Ration mit dem höheren Grobfutteranteil (59:41<sup>23</sup>). Die Konzentration des Milchharnstoff-N nahm durch die Zulage von Quebracho ab, die Nutzungseffizienz des N für die Milch wurde durch die Zulage von Quebracho nicht beeinflusst. Auch der pH-Wert im Pansen wurde durch Zulage von kondensierten Tanninen nicht verändert. Die Supplementierung von Quebracho führte zu einer Abnahme der Konzentration flüchtiger Fettsäuren unabhängig vom Energiegehalt in der Ration. Durch die Zulage von Quebracho-Tanninen in der Ration wurden

<sup>23</sup> Grobfutter: Konzentratfutter

der ruminale  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt und der Milchwarnstoff-N-Gehalt reduziert. Dies deutete daraufhin, dass weniger N ruminal als  $\text{NH}_3\text{-N}$  „verloren“ geht, weil durch die Supplementierung von Quebracho weniger Protein im Pansen durch die Mikroorganismen abgebaut wird (DSCHAAK et al., 2011). DSCHAAK et al. (2011) fassten zusammen, dass durch die Supplementierung von Quebracho-Tanninen in der Ration laktierender Milchkühe der Weg der N-Ausscheidung vermutlich verändert und weniger N über den Harn, dafür mehr über den Kot ausgeschieden wird. Die Tanninzulage hatte somit keinen Einfluss auf die Nutzungseffizienz des N für die Milchproduktion. Die Autoren wiesen daraufhin, dass sie einen möglichen Effekt der Supplementierung von Quebracho auf die Prävention einer ruminalen Acidose durch eine schnelle Reduzierung der Stärke-Hydrolyse nicht testen konnten, weil die Ration mit dem höheren Anteil an Konzentratfuttermitteln (41:59<sup>24</sup>) keine Umgebung für eine Acidose im Pansen geschaffen hatte.

Laut DSCHAAK et al. (2011) war die bedeutendste Erkenntnis, dass durch die Supplementierung von Quebracho (3 % d. täglich aufgenommenen TM) die ruminale Konzentration von  $\text{NH}_3\text{-N}$  und Milchwarnstoff-N abnahmen, ohne den Milchproteingehalt zu beeinflussen. Für die Autoren war dies ein Hinweis, dass weniger ruminaler N als  $\text{NH}_3\text{-N}$  verloren ging, weil eine Reduzierung des Rohproteinabbaus im Pansen durch die Mikroorganismen durch die Supplementierung von kondensierten Tanninen erreicht werden konnte.

Effekte tanninhaltiger Pflanzen bzw. tanninhaltiger Pflanzenextrakte nach Aufnahme durch laktierende Wiederkäuer auf das Fettsäurenprofil sind aus verschiedenen Literaturquellen in der Tabelle 10 zusammenfassend dargestellt. TORAL et al. (2011) vermuteten anhand ihrer Ergebnisse, dass möglicherweise die niedrige Dosierung der Tannine (10 g/kg TM), die botanische Herkunft der Tannine (1:1 Quebrachotannin und Kastanientannin) oder beide Effekte in Kombination als Ursache für das Ausbleiben der Veränderung im Fettsäurenmuster in der Milch sowie im Pansen verantwortlich waren.

---

<sup>24</sup> Verhältnis: Grobfuttermittel – Konzentratfutter

**Tabelle 10: Literaturzusammenstellung der Effekte der Supplementierung von Tanninen bzw. Tanninextrakten auf das Fettsäurenprofil in der Milch von Wiederkäuern**

Autoren	Supplement	Tierart	Effekt
<b>DSCHAAK et al. (2011)</b>	kondensierte Tannine (Quebracho): 3% d. tägl. aufgenommenen TM	Laktierende Milchkuh	C18:1 trans-Fettsäure ↑ trans-10,cis-12 CLA (P=0,06) ↗ (leichter Anstieg)
<b>TORAL et al. (2011)</b>	sonnenblumenöhlhaltige Ration und ein Mix aus kondensierten sowie hydrolysierbaren Tanninen (8,7 g/kg Frischmasse)	Laktierende Schafe	keine Effekte auf die ruminale Fermentation, tierische Leistung sowie wichtige Auswirkung auf das Milchfettsäurenprofil,
<b>CABIDDU et al. (2009)</b>	Blühende Esparsette	Laktierende, weidende Schafe	cis-9,trans-11 CLA ↓ trans-11 C18:1 ↓ gesamte trans-Fettsäuren ↓ ω6/ω3-Verhältnis ↓ Linolsäure ↑ Linolensäure ↑

Erläuterung: ↑: Anstieg, ↗ leichter Anstieg (nicht signifikant), ↓ Abnahme

Neben dem Einfluss auf die Milchproduktion haben Tannine unterschiedliche Auswirkungen auf die Fleisch- sowie Schlachtkörperqualität der Tiere. So ist durch die Fütterung von 2,5 % kondensierten Tanninen<sup>25</sup> (bezogen auf die TM) an wachsende Lämmer das Schlachtkörpergewicht, der Fettgehalt im Schlachtkörper sowie die Schlachtkörperausbeute gegenüber den Kontrollen deutlich reduziert. Keine Unterschiede zwischen den betrachteten Varianten (*Ceratonia siliqua* (Tannine), *C. siliqua* mit Polyethylenglykol (PEG) und eine auf Mais basierende Ration) konnte bei der Wasserhaltekapazität des Fleisches, gemessen an den Verlusten beim Kochen, festgestellt werden (PRIOLO et al., 2000).

Tannine (27 g/kg TM; Quelle: *C. siliqua* L.) haben einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fettsäuren im Muskelgewebe (gemessen im *Longissimus dorsi*). Verglichen wurde die Auswirkung von Tanninen (*C. siliqua* L.) gegenüber dem Einsatz von *C. siliqua* L. mit und ohne 42 g/kg PEG sowie einer Kontrollration (Mais) während einer 45-tägigen Fütterungsstudie an Lämmern (siehe Tabelle 11).

Der Gehalt der gesättigten und einfach-ungesättigten Fettsäuren war in den Fütterungsgruppen, die *C. siliqua* L. mit und ohne PEG erhielten, verglichen mit der Kontrolle höher ( $P < 0,05$ ), hingegen war der Anteil der mehrfach-ungesättigten Fettsäuren gegenüber der Kontrolle niedriger (vergleiche Tabelle 11). Allgemein war der Gehalt von konjugierten Linolsäuren verglichen mit dem Anteil an trans-Vaccensäuren durch die

<sup>25</sup> Tanninquelle: *C. siliqua* (Johannisbrotbaum)

tanninreiche Ration weniger beeinflusst, was, so erklärten es die Autoren, durch den Fakt begründet werden kann, dass konjugierte Linolsäuren auch endogen im Muskel synthetisiert werden können (VASTA et al., 2007). Die Ergebnisse zeigten, laut VASTA et al. (2007), dass kondensierte Tannine aus *C. siliqua* L. in der Ration die mikrobielle Aktivität im Pansen beeinflussten, welches sich in einer reduzierten ruminalen Biosynthese zeigte. Die Autoren fassten am Ende ihrer Ausführung zusammen, dass durch die Fütterung von tanninhaltigem Futter (Tannin-Quelle: *C. siliqua* L.) an Lämmer der ernährungsphysiologische Wert des Fleisches gegenüber einer tanninfreien Ration reduziert war, aufgrund der abnehmenden Akkumulation von konjugierten Linolsäuren und einigen n-3 Fettsäuren.

**Tabelle 11: Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse der Fütterung von *Ceratonia siliqua* L. mit 20 bis 30 g Tanninen/kg Trockenmasse) auf die Fettsäurezusammensetzung im Muskelgewebe (g/100g identifizierter Fettsäuren\*) von VASTA et al. (2007)**

	Kontrolle	Versuchsgruppe <i>Ceratonia siliqua</i> L. ohne PEG-Zusatz	Versuchsgruppe <i>Ceratonia siliqua</i> L. mit PEG-Zusatz	P-Value
<b>C12:0</b>	0,10	0,13	0,13	0,313
<b>C14:1 <i>cis</i>-9</b>	0,14	0,17	0,17	0,595
<b>C18:1 <i>trans</i>-11</b>	1,82a	0,95b	1,68a	<0,0005
<b>C18:2</b>	0,73a	0,48b	0,63c	<0,0005
<b>cis-9,trans-11</b>				
<b>C18:1 <i>trans</i>-11 in d. Ration</b>	0,40a	0,51b	0,39a	0,014
<b>Ω-6 : Ω-3 (Verhältnis)</b>	1,46	1,32	1,39	0,123
<b>Σ SFA<sup>1</sup></b>	28,30a	30,54b	30,95b	0,042
<b>Σ MUFA<sup>2</sup></b>	26,29a	29,96b	31,38b	<0,0005
<b>Σ PUFA<sup>3</sup></b>	45,39a	39,39b	37,66b	<0,0005

abc: unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede.

<sup>1</sup> Σ SFA (gesättigte Fettsäuren) = C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0;

<sup>2</sup> Σ MUFA (einfach-ungesättigte Fettsäuren) = C14:1 + C16:1 + C18:1 *trans*-11 + C18:1 *cis*-9.

<sup>3</sup> Σ PUFA (mehrfach ungesättigte Fettsäuren) = C18:2 *cis*-9 *trans*-11 + C18:2 *trans*-10 *cis*-12 + C18:2 *trans*-10 *cis*-12 + C18:2 *cis*-9 *cis*-12 + C18:3n – 6 + C18:3n – 3 + C20:2n – 6 + C20:3n – 3 + C20:4n – 6 + C20:5n – 3 + C22:5n – 3 + C20:6n – 3

\* fatty acid methyl ester

VASTA et al. (2009a) untersuchten weiterhin den Einfluss einer Zulage eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes (Quebracho<sup>26</sup>) im Konzentratfutter von Schafen auf die am Fettmetabolismus beteiligten Fettsäuren im Pansen. Es wurden zwei Fütterungssysteme gegeneinander getestet: Grasfütterung (Wicke) gegen Konzentratfutter sowie die Supplementierung eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes gegen keine Zulage.

<sup>26</sup> Den Rationen (Wicke und Konzentratfutter) wurde 10,4 % Quebrachopulver zugemischt, welches einen Tanningehalt von 45,6 % in der TM hatte, so dass die Ration letztlich 4,7 % Tannine in der TM enthielt

Durch die Zulage des tanninhaltigen Pflanzenextraktes (Quebracho) stellten VASTA et al. (2009a) einen höheren Anteil von im Pansen gebildeten Fettsäuren im Gegensatz zu Schafen ohne Tanninzulage ( $P=0,04$ ) fest. Der Gesamtgehalt konjugierter Linolsäuren (1,66 % der Gesamtfettsäuren) wurde weder durch die Supplementierung des tanninhaltigen Pflanzenextraktes noch durch das Fütterungssystem beeinflusst. Eine Zusammenfassung über einen Teil der Ergebnisse ist in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12: Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse von VASTA et al. (2009a) zur Supplementierung von Quebracho zu einer Ration mit Wicke oder einem Konzentratfutter**

	Wicke	Wicke + Tannine	Konzentrat	Konzentrat + Tannine
<b>trans-11,cis-15 CLA</b>		↑ Zunahme im Pansensaft ( $P=0,05$ )		↑ Zunahme im Pansensaft ( $P=0,05$ )
<b>trans-10,cis12-CLA</b>	Unbeeinflusst durch die Supplementierung ( $P = 0,24$ ) und beeinflusst durch das Fütterungssystem ( $P = 0,05$ )			
<b>cis-9,cis-12 C18:2n-6</b>	Unbeeinflusst durch die Supplementierung ( $P = 0,11$ ) und das Fütterungssystem ( $P = 0,95$ )			
<b>Trans9,cis-12 C18:2n-6</b>	↑	↓	↑	↓
<b>Summe CLA</b>	Beeinflussung durch die Supplementierung ( $P = 0,02$ ) und das Fütterungssystem ( $P = 0,03$ )			
<b>Σ gesättigte Fettsäuren *</b>	Unbeeinflusst durch die Supplementierung ( $P = 0,24$ ) und das Fütterungssystem ( $P = 0,84$ )			
	72,4 <sup>a</sup>	70,9 <sup>a</sup>	67,0 <sup>a</sup>	51,9 <sup>b</sup>
<b>Σ einfach ungesättigte Fettsäuren *</b>	Beeinflussung durch Supplementierung ( $P = 0,005$ ) und durch Fütterungssystem ( $< 0,001$ )			
	11,3 <sup>b</sup>	12,4 <sup>b</sup>	67,0 <sup>a</sup>	51,9 <sup>b</sup>
<b>Σ mehrfach ungesättigte Fettsäuren *</b>	Beeinflussung durch Supplementierung ( $P = 0,002$ ) und das Fütterungssystem ( $P = < 0,001$ )			
	6,24	6,66	4,26	6,91
	Beeinflusst von der Supplementierung ( $P = 0,04$ ) und unbeeinflusst vom Fütterungssystem ( $P = 0,25$ )			

\*(Angaben in % der Gesamtfettsäuren)

ab: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe, zeigen signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ )

Einflüsse auf das Fettsäurenprofil von Mastbullen, gefüttert mit einer Maissilage, die mit einem tanninhaltigen Pflanzenextrakt<sup>27</sup> (141 g/kg TM), Knoblauch (53 g/kg), Maca<sup>28</sup> (53 g/kg) oder weißer Lupine (220 g/kg) supplementiert war, wurden von STAERFL et al. (2011) untersucht. Die Unterschiede im Fettsäurenprofil und der Haltbarkeit des perinalen Rinderfettes zwischen den Tieren gefüttert mit der Kontrollration (Grassilage) und der Maissilage waren größer, als von den Autoren vermutet wurde. Keine der Supplemente, die reich an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen waren, die zusammen mit der Maissilage gefüttert wurden, beeinflusste die Qualitätseigenschaften des Rinderfettes. Somit deutet es daraufhin,

<sup>27</sup> Extrakt: *Acacia mearnsii* (enthielt 700 g kondensierte Tannine/kg)

<sup>28</sup> *Lepidium meyenii*

dass die Supplemente in der verwendeten Menge den ruminalen Fettmetabolismus nicht beeinflussten. STAERFL et al. (2011) vermuteten, dass höhere Mengen sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe möglicherweise eine Reduktion der Schmackhaftigkeit und des Aussehens verursachen sowie die Kosteneffizienz reduzieren würden. LUCIANO et al. (2009) stellten fest, dass die Gabe eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes (Quebracho: *Schinopsis lorentzii*) an Schafe die Stabilität der Farbe von frischem Lammfleisch während einer 14-tägigen Lagerung im gekühlten Zustand verbessern konnte. Dies könnte auf die positiven Effekte von Tanninen in der Ration auf die Häm-Pigment-Konzentration und Metmyoglobin während der 14-tägigen kühlen Lagerung zurückzuführen sein. Die Mechanismen, die zu dem Effekt führten, waren den Autoren unklar. LÓPEZ-ANDRÉS et al. (2013) konnten mit den von ihnen eingesetzten analytischen Methoden keine Tannine oder andere phenolhaltige Substanzen in Leber- oder Blutplasmaproben von Lämmern, die eine tanninhaltige Ration (Tanninquelle: Quebracho) gefüttert bekamen, nachweisen.

#### 3.4.5.4 Weitere Bedeutungen / Effekte der Tannine in der Fütterung von Wiederkäuern

Eine weitere Eigenschaft der kondensierten Tannine ist es, die ruminale Methanemission der Wiederkäuer zu minimieren (PUCHALA et al., 2005; ANIMUT et al., 2008; DELGADO et al., 2009; JAYANEGARA et al., 2009; PATRA und SAXENA, 2010; LUI et al., 2011; WISCHER et al., 2013; BODAS et al., 2012 und HASSANAT und Benchaar, 2013).

WISCHER et al. (2013) stellten in *in vitro*-Versuchen im Hohenheimer Futterwerttest (Gas-Test) mit Grassilage als Substrat fest, dass nach dem Durchlauf verschiedener tanninhaltiger Extrakte sowie Tanninmonomeren<sup>29</sup>, die Methanproduktion um 8 bis 28 % reduziert war, mit Ausnahme bei Zulage des tanninhaltigen Pflanzenextraktes Tara (*Caesalpinia spinosa*). In einem zweiten Schritt wurden fünf tanninhaltige Pflanzenextrakte (Kastanie, Raps, Myrabolan, Sumach und Valonea) ausgewählt und im RUSITEC-System (Rumen simulation technique) überprüft. Das tanninhaltige Kastanienextrakt hatte den größten reduzierenden Effekt auf die Methanproduktion, gefolgt von Valonea, Raps und Sumach; Myrabolan hatte keinen Effekt auf die Methanproduktion. Der Abbau der Faserfraktion war bei allen

---

<sup>29</sup> Kastanie (*Castanea sativa*, Gesamttanningehalt:  $\geq 76$  %), Mimosa (*Acacia negra*, Gesamttanningehalt:  $\geq 72$  %), Myrabolan (*Terminalia chebula*, Gesamttanningehalt:  $\geq 70$  %), Quebracho (*Schinopsis balansae*, Gesamttanningehalt:  $\geq 76$  %), Sumach (*Rhus coriaria*, Gesamttanningehalt: 62%), Tara (*Caesalpinia spinosa*, Gesamttanningehalt:  $\geq 61$  %), Valonea (*Quercus Valonea*, Gesamttanningehalt:  $\geq 67$  %), Eiche (*Quercus robur*, Gesamttanningehalt:  $\geq 55$  %), Kakaobohne (*Theobroma cacao*, Gesamttanningehalt:  $\geq 55$  %), Raps (*Vitis vinifera*, Gesamttanningehalt:  $\geq 95$  %); Tanninmonomere aus Raps: Pelargonidin, Catechin, Cyanidin und Sinapinsäure

Durchgängen mit Tanninen reduziert. Auch die Verdaulichkeit der TM sowie der organischen Substanz war durch die Supplementierung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte reduziert, hingegen wurden keine Unterschiede zwischen den tanninhaltigen Pflanzenextrakten festgestellt. WISCHER et al. (2013) vermuteten, dass das tanninhaltige Kastanienextrakt sowie Valonea das größte Potential haben reduzierend auf die Methanproduktion zu wirken ohne weitere negative Effekte.

JAYANEGARA et al. (2009) fanden in *in vitro*-Untersuchungen heraus, dass hydrolysierbare verglichen mit kondensierten Tanninen einen größeren Einfluss auf die Reduzierung der Methanbildung hatten. Sie beschrieben, dass die Methanemission durch 1 mg hydrolysierbare Tannine je ml signifikant reduziert werden konnte. Bei geringeren Tanninkonzentrationen war die Reduzierung nicht signifikant. Kondensierte Tannine konnten die Methanemission bei keiner der drei zugesetzten Mengen signifikant reduzieren. Die Wirkung der beiden Tanningruppen war unterschiedlich. Die kondensierten Tannine reduzierten die Methanbildung durch eine verringerte Verdauung der Faserbestandteile (indirekter Effekt), wohingegen die hydrolysierbaren Tannine reduzierend auf das Wachstum und/oder die Aktivität der Methanbildner und/oder die wasserstoffproduzierenden Mikroben gewirkt hatten (direkter Effekt). ANIMUT et al. (2008) stellten in Fütterungsversuchen an Hammeln fest, dass kondensierte Tannine verschiedener Herkunft (Quebracho und *Lespedeza cuneata*) unterschiedliche Einflüsse auf die N-Verdaulichkeit, aber ähnliche Effekte auf die ruminale mikrobielle Methanemission von Ziegen hatten. Die ähnlichen Effekte erklärten die Autoren durch eine (möglicherweise) veränderte Aktivität der methanbildenden Pansenbakterien wobei Reaktionsänderungen anderer Bakterien und/oder Protozoen wahrscheinlich auch involviert waren.

HASSANAT und Benchaar (2013) untersuchten *in vitro* den Einfluss von 50, 100, 150 und 200 g kondensierten (Quebracho und Akazientannin) und hydrolysierbaren Tanninen (Kastanien- und Eichentannin) pro kg TM auf die Methanproduktion. Die Ergebnisse sind tabellarisch in Tabelle 13 zusammengefasst. Die Autoren schlussfolgerten aus ihren Untersuchungen, dass der Einfluss der Tannine auf die Fermentation *in vitro* vom Tannintyp, der Konzentration sowie der Herkunft der Tannine abhing. Außerdem stellen sie fest, dass die Tannine einen größeren Einfluss auf die Methanproduktion hatten als auf die Produktion der flüchtigen Fettsäuren. Ihre *in-vitro* Untersuchungen zeigten, dass 50 g hydrolysierbare Tannine aus Kastanien oder kondensierten Tanninen aus Akazien die Methanproduktion und die ruminale Proteinverdaulichkeit reduzierten, aber einen geringen negativen Einfluss auf die Gesamtkonzentration der flüchtigen Fettsäuren hatten. Fünfzig Gramm Eichentannin pro kg

TM hatten das Potential die ruminale Methanproduktion sowie den ruminalen Proteinabbau zu reduzieren ohne einen negativen Effekt auf die flüchtigen Fettsäuren auszuüben. Einen negativen Effekt auf die Fermentation (*in vitro*) hatten 50 g Quebrachotannin pro kg TM, ohne die Methanproduktion zu beeinflussen (HASSANAT und Benchaar, 2013).

**Tabelle 13: Zusammenfassung der *in vitro*-Untersuchungsergebnisse von HASSANAT und Benchaar (2013) zum Einsatz verschiedener tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf die Methanproduktion**

Akazientannin (Zulage in g/kg TM)	50	100	150	200	
Reduktion der Gasproduktion gegenüber Kontrolle (%):	9	14	18	19	
Reduktion der Methanproduktion gegenüber Kontrolle (%):	12	21	32	38	
Zulage von > 50 g Akazientannin/kg TM	Um 11 % verringerte Konzentration flüchtiger Fettsäuren gegenüber Kontrolle				
Quebrachotannin (Zulage in g/kg TM)	20	50	100	150	200
Reduktion der Gasproduktion gegenüber Kontrolle (%):	6	10	19	23	24
Reduktion der Methanproduktion gegenüber Kontrolle (%):			23	24	40
Zulage von > 50 g Quebrachotannin/kg TM	Reduktion der flüchtigen Fettsäuren gegenüber Kontrolle (P<0.05)				
Kastanientannin (Zulage in g/kg TM)	50	100	150	200	
Reduktion der Gasproduktion gegenüber Kontrolle (%):	10	13	14	15 <sup>(1)</sup>	
Reduktion der Methanproduktion gegenüber Kontrolle (%):	9	23	31	40	
Zulage von > 50 g Kastanientannin/kg TM	Um 10 % verringerte Konzentration flüchtiger Fettsäuren gegenüber Kontrolle				
Eichentannin (Zulage in g/kg TM)	20	50	100	150	200
Reduktion der Gasproduktion gegenüber Kontrolle (%):	6	10	14	17	20 <sup>(1)</sup>
Reduktion der Methanproduktion gegenüber Kontrolle (%):		11	19	26	36
Zulage von > 50 g Eichentannin/kg TM	Um 11 % verringerte Konzentration flüchtiger Fettsäuren gegenüber Kontrolle				

<sup>1</sup>: P ≤ 0,01

MISSELBROOK et al. (2005) stellten in einem Laborexperiment fest, dass eine Reduktion der N-Ausscheidung auch durch eine Reduzierung des Proteingehaltes in der Ration erreicht werden konnte und eine Erhöhung des Gehaltes kondensierter Tannine durch *Lotus corniculatus* (Gewöhnlicher Hornklee) in der Ration zu einer Veränderung der N-Ausscheidung vom Harn zum Kot führte. Auch DEAVILLE et al. (2010) stellten fest, dass proportional zur täglichen N-Aufnahme die N-Ausscheidung von Schafen durch die Aufnahme von tanninreichen Silagen (Kastanien- und Mimosaextrakt) verglichen mit der Kontrolle über den Urin geringer (56,4 g/100 g N versus 65,1 g/100 g N) und über den Kot höher (40,3 g/100 g N versus 29,8 g/100 g N) war. Weiterhin konnten die Autoren nachweisen, dass Mimosatannine verglichen mit Kastanientanninen höhere N-Verluste über den Kot proportional zur N-Aufnahme verursachten.

Die zusätzliche Supplementierung von Kokosnussöl zu Kastanientanninen hat einen additiven Effekt auf die Reduzierung der Methanemission (LUI et al., 2011).



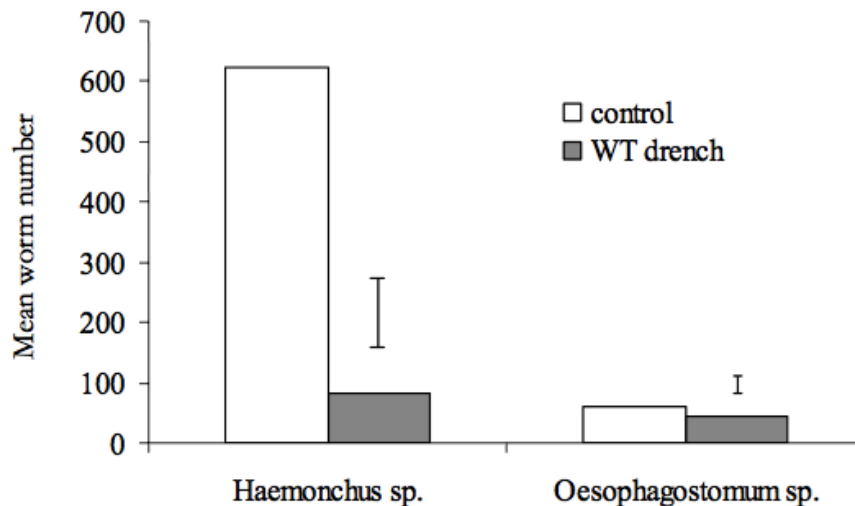
Entgegen den bisherigen Ergebnissen fanden De OLIVEIRA et al. (2007) keinen Effekt durch den Einsatz von zwei tanninhaltigen Hirsehybriden (1F305 und BR 700<sup>30</sup>) auf die Verdaulichkeit und die Methanemission heraus. Auch BEAUCHEMIN et al. (2007) konnten bei einer Zulage von 2 % Quebrachotannin (bezogen auf die TM) keinen Effekt auf die Methanemission bei wachsenden Rindern feststellen.

Weiterhin wird kondensierten Tanninen ein hemmender Effekt auf spezielle Pansenbakterien zugeschrieben sowie möglicherweise eine Erhöhung des Pansenvolumens (WAGHORN 2008). MIN et al. (2005) beschäftigten sich mit dem Effekt von kondensierten Tanninen (aus *Lotus corniculatus*) auf die proteolytische Aktivität sowie das Wachstum von Pansenbakterien. Das Ausmaß der Effekte hängt von der eingesetzten Tanninmenge, der Bakterienspezies sowie vom präferierten Proteinsubstrat ab. Ungeklärt ist bisher, warum einige Pansenbakterien trotz der Anwesenheit von kondensierten Tanninen bestehen können, obwohl diese das Wachstum und die Aktivität von anderen Bakterien hemmen.

In der Literatur ist weiterhin beschrieben worden, dass die Aufnahme von kondensierten Tanninen bei Schafen zu einer Abnahme der Parasiten im Gastrointestinaltrakt führte und möglicherweise die Tannine auf die Biologie der verschiedenen Entwicklungsstadien der Nematoden störend einwirkten (BEN SALEM und MAKAR, 2009; WAGHORN 2008; MAX et al., 2006). MAX et al. (2006) untersuchten das Potential von Tanninen (Wattle Tannin und *Acacia polyacantha*) zur Beeinflussung von Darm-Parasiten kleiner Wiederkäuer. Wurden die Tannine den Tieren gedrencht, war die Wurmbelastung der Tiere bereits nach 24 Stunden gegenüber den Kontrolltieren deutlich reduziert (siehe Abbildung 10). Wichtig bei der Anwendung zur Reduzierung ist, dass keine tanninhemmenden Substanzen (siehe Unterkapitel 3.4.5.5) in der Ration eingesetzt werden. Die Autoren sahen die Möglichkeit, durch den Einsatz von Tanninen in der Praxis teure Wurmmittel zu ersetzen.

---

<sup>30</sup> 1F305: geringer Tanningehalt; BR 700: hoher Tanningehalt



**Abbildung 10: Effekt von Tanninen (oral gedrencht) auf den Wurmbefall von tropischen Schafen nach einer Gabe von 1,5 g Tanninen pro kg Körpergewicht (MAX et al. 2006)**

#### 3.4.5.5 Deaktivierung von Tanninen

Der Tanningehalt in Früchten wird durch die Lagerung und thermische Prozesse beeinflusst. Bisher ist unklar, ob die Tannine durch die thermische Behandlung abgebaut bzw. zerstört oder polymerisiert werden, wodurch sie nur noch unvollständig extrahiert oder quantifiziert werden können (SERRANO et al., 2009). Auch eine Abnahme des Tanningehaltes während der Silierung von tanninhaltiger Esparsette wurde von LORENZ et al. (2010) nachgewiesen. Der Gehalt an extrahierbarem Tannin war in ihren Untersuchungen in unsilierter Esparsette verglichen mit siliierter Esparsette höher ( $P < 0,0001$ ). Der Anteil an extrahierbaren Tanninen war im frischen Pflanzenmaterial zweimal höher als im silierten Material. LORENZ et al. (2010) stellten weiterhin fest, dass der Anteil an proteingebundenem Tannin verglichen mit dem Gesamttanningehalt nicht zunahm.

Die Deaktivierung von Tanninen ist gerade in Regionen bedeutungsvoll, in denen viele Pflanzen mit einem hohen natürlichen Tanningehalt wachsen (SALAWU et al., 1997). So wurde in einigen Untersuchungen PEG zur Neutralisation der Effekte kondensierter Tannine im Pansen eingesetzt (BARRY et al., 1986; PRIOLO et al., 2000; SILANIKOVE et al., 2001; MAURICIO et al., 2009; THEODORIDOU et al., 2010). PEG<sup>31</sup> machte in *in vitro*-Untersuchungen die verringerte mikrobielle Aktivität, verursacht durch die kondensierten Tannine (50 g Quebracho/kg der Gesamtration), rückgängig. Durch den Einsatz von PEG (0,1 und 1,0 g/kg der Gesamtration) konnten *in vitro*-Untersuchungen nicht alle Einflüsse der kondensierten Tannine auf die Verdaulichkeit vermieden werden (SALAWU et al., 1997).

<sup>31</sup> eingesetztes Präparat: Browse Plus

MAKKAR (2003) beschrieb, dass die Affinität von PEG zu Tanninen so hoch war, dass selbst Tannin-Protein-Komplexe gelöst wurden. SILANIKOVE et al. (2001) bezeichneten PEG auch als „tannin-binding agent“, denn sie sollten die negativen Effekte von Tanninen auf die Futteraufnahme sowie die Verdauung im Wiederkäuer minimieren.

Außerdem konnte durch PEG die Futteraufnahme der Blätteranteile von zwei Leguminosen (*Desmodium ovalifolium* und *Flemingia macrophylla*) gesteigert werden ( $P < 0,05$ ), hingegen konnte die Aufnahme der Halmfraktion durch PEG nicht verbessert werden ( $P < 0,05$ ) (BARAHONA et al., 1997).

BARRY et al. (1986) beschrieben, dass eine Erhöhung des Gehaltes an kondensierten Tanninen in der Ration zu einer Abnahme der Verdaulichkeit der Energie, der organischen Masse sowie von Hemicellulose im Pansen führte. Durch höhere PEG-Zulagen konnte die Verdaulichkeit der Energie, der organischen Masse, des Pektins und des Lignins im Pansen gegenüber der Kontrolle ohne PEG-Zulage erhöht werden. Die Autoren nutzten für ihre Fütterungsversuche mit Schafen *Louts pedunculatus*, welches 95 g kondensierte Tannine pro kg TM enthielt. Sie besprühten das Pflanzenmaterial mit 77 ml Wasser/kg (FM), welches 0 (Kontrolle), 75 (wenig) und 300 (viel) g PEG/l enthielt. Durch die Zugabe von wenig und viel PEG konnte der Anteil der reaktiven kondensierten Tannine auf 47 und 15 % gegenüber der Kontrolle gesenkt werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen PRITCHARD et al. (1988). Sie beschrieben, dass durch den Einsatz von PEG bei Schafen, die *Acacia aneura* (Mulga, Akazienart in Australien endemisch) gefüttert bekamen, die Verfügbarkeit, Verdaulichkeit sowie Absorption des Proteins erhöht war.

Kondensierte Tannine verschiedener Pflanzen hatten unterschiedliche Auswirkungen auf die Verdaulichkeit und das Wachstum von Lämmern, wie in den Untersuchungen von PRIOLO et al. (2000) gezeigt wurde. Aus diesem Grund ist eine Charakterisierung der in den Pflanzen vorkommenden Tannine wichtig. Durch den Einsatz von PEG wurden die negativen Eigenschaften der kondensierten Tannine (Quelle: *C. siliqua* (Johannisbrotbaum)) beseitigt (PRIOLO et al., 2000).

MAURICIO et al. (2009) hatten in Hirse (Genotyp 9929030) zur Neutralisierung der Tanninwirkung neben PEG<sup>32</sup> auch Holzasche eingesetzt. Mit der Asche des Bauhinia-Baums erzielten sie gegenüber dem Einsatz der Asche eines Eukalyptusbaumes einen größeren Effekt. Sie fassten am Ende zusammen, dass durch die Nutzung von Asche (speziell mit der des Bauhinia-Baumes) bei Hirse ein Anstieg der Fermentation und eine bessere

---

<sup>32</sup> Präparat: (PEG, MW 4000)

Verdaulichkeit erreicht wurde und dass durch den Einsatz die Möglichkeit bestehen würde, die Effekte der Tannine zu reduzieren.

Auch alkalische pH-Werte (pH 11) inaktivieren die Tannine<sup>33</sup>. Die Rate der Inaktivierung steigt auch mit höheren Temperaturen (Versuchstemperatur 0, 20 und 37 °C) (MAKKAR und BECKER, 1996). MAKKAR und BECKER (1996) beschrieben, dass dieses Phänomen bei der Quantifizierung von Tanninen Probleme bereiten kann, wenn der pH-Wert in dem Extraktionsmedium über 7 liegt. Außerdem können Tannine auch durch oxidative Stoffgruppen inaktiviert werden.

Untersuchungen von RUSSELL und LOLLY (1989) ergaben, dass sowohl Harnstoff als auch unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalte wirkungsvoll zur Hemmung von Tanninen in einer tanninreichen Hirsesorte (*Sorghum bicolor*, Pioneer B8145,  $3,4 \pm 0,3$  % Tannine) sind. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Harnstoffmengen und Feuchtigkeitsgehalten sowie ihrer Kombination. Der Wirkungsgrad der Hemmung lag bei  $68 \pm 2$  % je Tag. Die Hemmung der Tannine in der Hirse bei einer Feuchte von 25 % ohne Harnstoff reichte von 4,5 bis 13,7 %. RUSSELL und LOLLY (1989) stellten weiterhin fest, dass die Temperatur einen entscheidenden Einfluss auf die Deaktivierung der Tannine hatte. Bei einer Temperatur von 25 °C stellten sie eine Deaktivierungsrate von  $44 \pm 5$  % und bei einer Temperatur von 60 °C eine Rate von  $89 \pm 18$  % pro Tag fest.

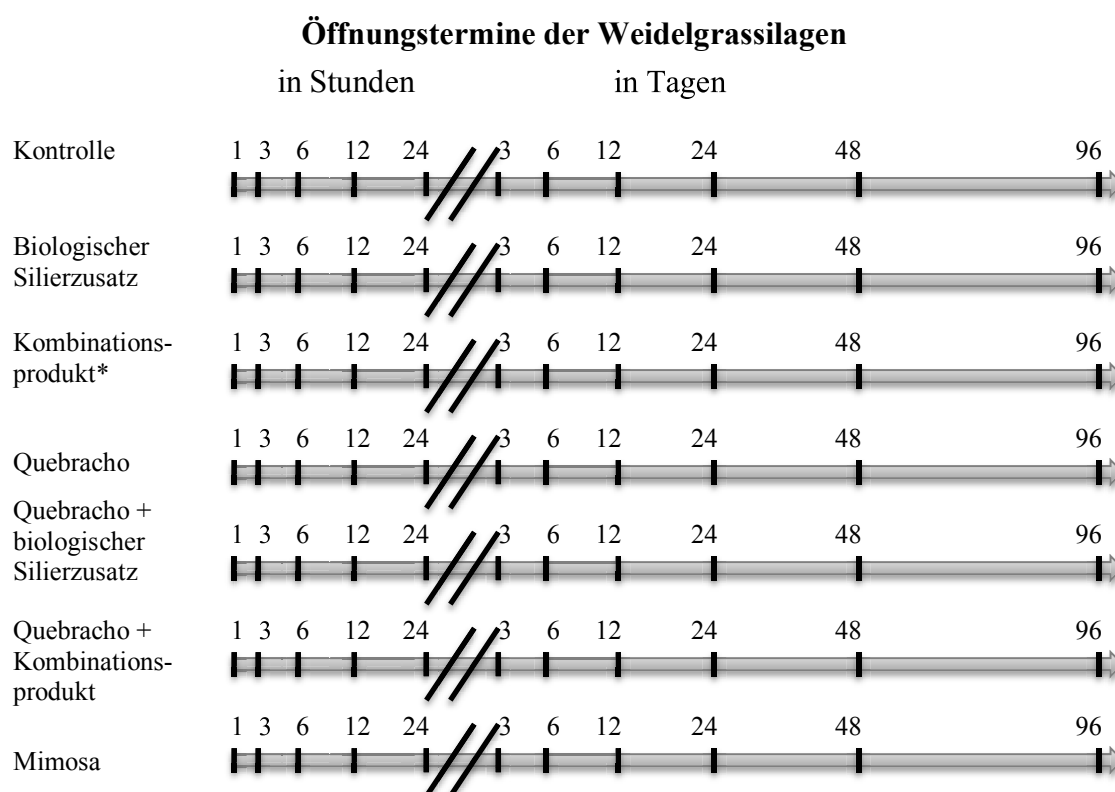
In einem anderen Zusammenhang, in dem es um die Enzymhemmung bei der Fermentation von Hirse (Sorten: Hamra, Shahla und Baidha) ging, fand OSMAN (2003) heraus, dass bei einer 24-stündigen Fermentation von drei Hirsesorten (siehe oben) der Tanningehalt um 31, 15 und 35 % reduziert werden konnte. HASSAN und EL TINAY (1995) fermentierten zwei andere Hirsesorten (Safra und Cross 35:18) und stellten bereits nach 2 Stunden eine Abnahme des Tanningehaltes um 24,3 und 22,3 % fest. Bereits 8 Stunden nach Fermentationsbeginn war das Maximum der Reduktion des Tanningehaltes mit 63 bzw. 61 % fast erreicht. Insgesamt konnte der Tanningehalt in der Sorte Safra von 0,65 auf 0,25 % und bei der Sorte Cross 35:18 von 1,35 auf 0,52 % reduziert werden.

---

<sup>33</sup> Untersuchte Tannine aus Quebracho und Blättern von *Acioa barteri*

## 4 Material und Methoden

Für die Untersuchungen zum Ablauf sowie zur Quantifizierung der Beeinflussungsmöglichkeiten der Proteolyse durch Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte während der Silierung von Weidelgras und Luzerne wurden standardisierte Silierversuche in Laborsilos (2,5 l) durchgeführt. Die Laborsilos ermöglichten, die Effekte eines Zusatzes tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf das Siliergut abhängig von der Zeit über einen Gärverlauf von 96 bzw. 180 Tagen zu untersuchen.

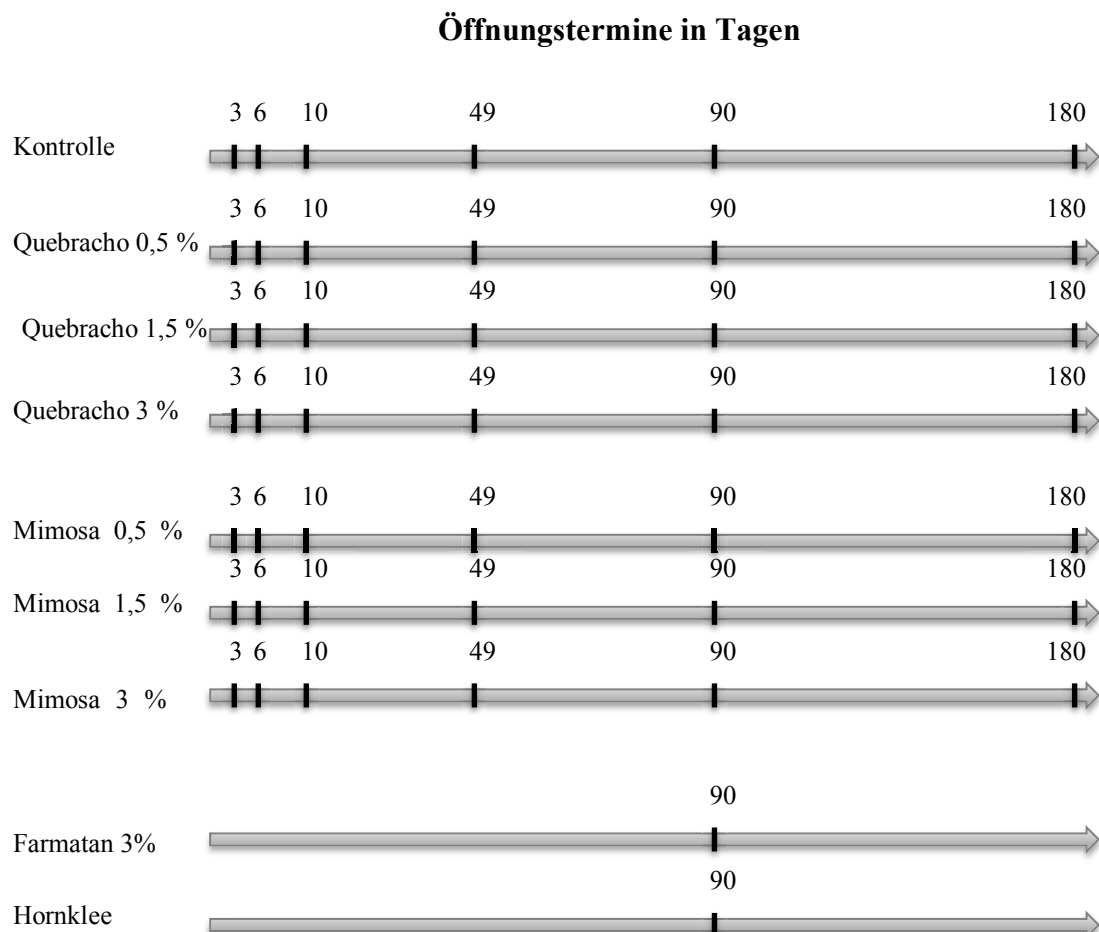


**Abbildung 11: Aufbau der Silierversuche (2011) mit Weidelgras**

**Tabelle 14: Anzahl der Wiederholungen an den einzelnen Öffnungsterminen der Varianten der Silierversuche mit Weidelgras**

Öffnungstermine nach Stunden	Kontrolle	BS	CS+BS	Q	Q+BS	Q+CS+BS	M
1	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3	3
24	3	3	3	3	3	3	3
Öffnungstermine nach Tagen							
3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3	3
24	3	3	3	3	3	3	3
48	3	3	3	3	3	3	3
96	3	3	3	3	3	3	3

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa



**Abbildung 12: Aufbau der Silierversuche (2013) mit Luzerne**

**Tabelle 15: Anzahl der Wiederholungen zu den Öffnungsterminen (in Tagen) der einzelnen Varianten je Trockenmassestufe (n=2)**

Öffnungstermine (Tag)	Kontrolle	0,5 % QUE	1,5 % QUE	3 % QUE	0,5 % MIM	1,5 % MIM	3 % MIM	FAR	HOR
3	3	3	3	3	3	3	3		
10	3	3	3	3	3	3	3		
49	3	3	3	3	3	3	3		
90	3	3	3	3	3	3	3	3	3
180	3	3	3	3	3	3	3	3	3

CON: Kontrolle, QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho, QUE 3: 3 % Quebracho, MIM 0,5: 0,5 % Mimosa, MIM 1,5: 1,5 % Mimosa, MIM 3: 3 % Mimosa

#### 4.1 Pflanzenmaterial für die Silierversuche

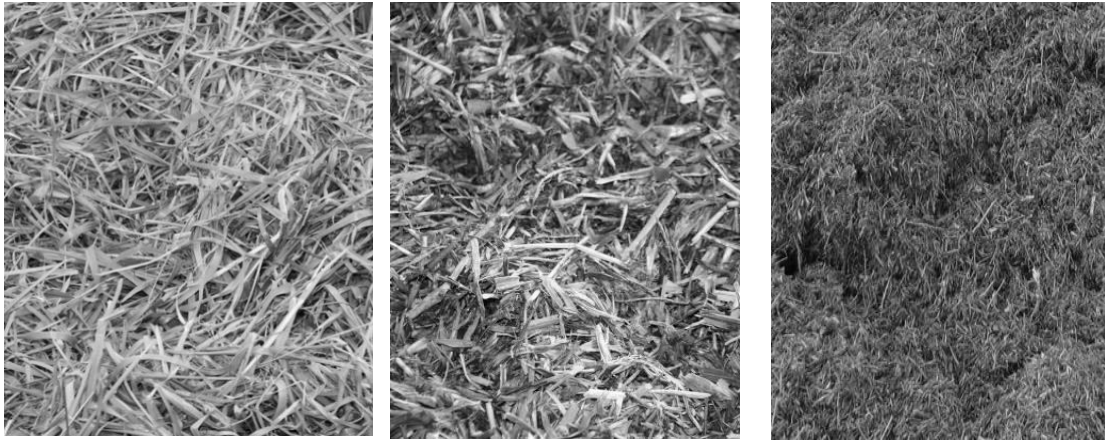
Die Silierversuche wurden mit drei unterschiedlichen Pflanzenmaterialien durchgeführt: Weidelgras, Luzerne und Hornklee.

##### **Weidelgras (*Lolium perenne L.*)**

Für die Untersuchungen an Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne L.*) stammte das Material aus dem zweiten Schnitt eines Grünlandstandortes der Methauer Agro AG, Zettlitz, Sachsen, mit überwiegend Weidelgras im Bestand. Das Pflanzenmaterial wurde am 14. Juni 2011 geschnitten (Abbildung 13). Der Bestand war zuvor mit 32,8 m/ha Rindergülle (14./15.03.2011) und 300 kg/ha Kalkammonsalpeter (11.04.2011) gedüngt worden. Für Untersuchungen des Ausgangsmaterials wurden unmittelbar nach der Mahd repräsentative Proben des Pflanzenmaterials genommen und bis zur analytischen Untersuchung tiefgekühlt gelagert.

##### **Luzerne (*Medicago sativa L.*)**

Die Luzerne (*Medicago sativa L.*) wurde am 19. April 2013 zusammen mit Hafer ausgesät und am 8. und 9. Juli 2013 wurde das Pflanzenmaterial für die Silierversuche geerntet. Zum Zeitpunkt der Ernte befand sich die Luzerne im Stadium „Beginn der Knospe“. Die Luzerne wurde vom landwirtschaftlichen Lehr- und Versuchsgut (LVG) in Köllitsch (Sachsen) des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Am Park 3 in 04886 Arzberg OT Köllitsch bezogen (Abbildung 13). Eine repräsentative Probe des Pflanzenmaterials wurde direkt nach der Mahd genommen und bis zur analytischen Untersuchung tiefgekühlt gelagert.



**Abbildung 13: Ausgangsmaterial für die Silierversuche (Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L.) nach dem Schnitt (links) und als Häckselselgut (mitte) sowie Luzerne (*Medicago sativa* L.) als Häckselselgut (rechts))**

#### **Hornklee (*Lotus corniculatus* L.)**

Der Hornklee (*L. corniculatus* L.) diente als tanninhaltige Referenzpflanze. Dieses Referenzmaterial (Hornklee) stammte im Gegensatz zum Anbau von Weidelgras und Luzerne nicht aus direkter Ansaat, sondern wurde auf Flächen des Lehr- und Versuchsguts (LVG) des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Köllitsch (Sachsen) von Hand gepflückt. Nach Untersuchung einer repräsentativen Probe belief sich die Spanne der analytisch bestimmten Gehalte an kondensierten Tanninen bei den Hornkleeproben zwischen 0,1 und 3,9 %. Die ermittelten Gehalte kondensierter Tannine in den Hornkleeproben lassen auf eine große biologische Variabilität schließen.

#### **4.2 Tanninhaltige Pflanzenextrakte**

Als tanninhaltige Pflanzenextrakte wurden eingesetzt:

1. Quebracho (*Quebrachia lorentzii* syn. / *Schinopsis balansae*)
2. Mimosa (*Acacia negra*, *Acacia molissima*, Familie *Fabaceae*, Unterfamilie *Mimosoideae*) (Abbildung 14)
3. Farmatan® (TANIN, Slowenien ([www.tanin.si](http://www.tanin.si))) aus der Edel-/Esskastanie (*Castanea sativa* Mill)

Quebracho und Mimosa wurden von Otto Dille®, Langenharmer Weg 223-225, 22844 Norderstedt, (ANONYM 2011) bezogen und bei den im Jahr 2011 durchgeführten Untersuchungen eingesetzt. In den Silierversuchen im Jahr 2013 wurde neben Quebracho und Mimosa zudem Farmatan® als tanninhaltiges Pflanzenextrakt verwendet.





**Abbildung 14: In den Silierversuchen eingesetzte tanninhaltige Pflanzenextrakte: Quebracho-Extrakt (links), Mimosa-Extrakt (Mitte) und Farmatan® (rechts)**

Quebracho-Extrakt wies einen mittleren Gehalt an Gesamtannin von mindestens 76 % und Mimosa einen solchen von mindestens 72 % auf (Angaben des Händlers Otto Dille®<sup>34</sup>(ANONYM 2011)). Otto Dille® vertreibt tanninhaltige Pflanzenextrakte (Quebracho und Mimosa) unter anderem für den Gebrauch in Gerbereien. Für den Einsatz als Gerbmittel hat nur der Gesamtanningehalt Bedeutung, weniger die Zusammensetzung. Die mittleren Gehalte an Gesamtphenolen, Gesamtannin sowie die Gehalte an kondensierten Tanninen in den tanninhaltigen Pflanzenextrakten wurden im Jahr 2013 an der Universität Hohenheim vom Institut für Tierproduktion in den Tropen und Subtropen in Dienstleistung ermittelt<sup>35</sup>. Danach belaufen sich die Gehalte an Gesamtannin in den tanninhaltigen Pflanzenextrakten Quebracho und Mimosa auf 68 und 57 % bezogen auf die TM. Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 16 aufgeführt.

Der Gesamtphenolgehalt wurde mittels der Folin-Ciocalteu-Methode bestimmt und der Gehalt der kondensierten Tannine mit der Buthanol-HCl-Methode ermittelt. Für Hinweise zur Analytik siehe CASTRO-MONTOYA et al. (2016).

**Tabelle 16: Mittlere Zusammensetzung der im Jahr 2013 eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte (in % der TM)**

	Gesamt-Phenole	Gesamt-Tannin	Kondensierte Tannine
Quebracho	72,7	67,7	13,0
Mimosa	58,5	57,0	24,5
Farmatan®	59,0	55,2	0,3

<sup>34</sup> Weitere Herstellerangaben zu den Produkten befinden sich im Anhang Material und Methoden Tabelle 66 und Tabelle 67 sowie auf der Internetseite des Herstellers (<http://www.otto-dille.de/index2.html> (Stand: 06.01.2017))

<sup>35</sup> Im Rahmen des von der Bundesanstalt für Landwirt und Ernährung (BLE) geförderten Tannisil-Projektes

### 4.3 Silierzusatzstoffe

Bei den Silierversuchen mit Weidelgras (im Jahr 2011) wurden zur Überprüfung von potentiellen Kombinationseffekten/Wechselwirkungen parallel zu einem tanninhaltigen Pflanzenextrakt ein biologischer oder chemischer Silierzusatzstoff eingesetzt.

Der zur Überprüfung der potentiellen Wechselwirkungen eingesetzte biologische Silierzusatzstoff Bio-Sil® setzte sich zusammen aus folgenden (nicht genmanipulierten) Milchsäurebakterien: *Lactobacillus plantarum* DSM 8866 und 8862. Die Keimzahl der Milchsäurebakterien im Produkt Bio-Sil® betrug  $3 \times 10^{11}$  KbE/g.

Bei dem in den Silierversuchen eingesetzten chemischen Silierzusatzstoff handelte es sich um das Kombinationsprodukt Bio-Sil® + Amasil® NA (im Folgenden als „Kombinationsprodukt“ bezeichnet) bestehend aus  $75 \pm 2$  % Ameisensäure,  $7 \pm 2$  % Natrium,  $18 \pm 2$  % Wasser und Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum* DSM 8866 und 8862).

Die Silierzusatzstoffe wurden entsprechend den einschlägigen Herstellerangaben (vergleiche Anwendungsempfehlung von Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH<sup>36</sup>) dem Siliergut zugesetzt.

### 4.4 Methoden

Zur Prüfung und Quantifizierung der Möglichkeiten der Reduktion der Proteolyse bei Halmfutter während der Silierung durch den Zusatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten zum Weideaufwuchs nach der Mahd wurden standardisierte Silierversuche in Laborsilos (2,5 l) mit Weidelgras im Jahr 2011 und im Jahr 2013 solche mit Luzerne durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war die Quantifizierung des Einflusses des Zusatzes tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf den Proteinabbau im Siliergut während des Prozesses der Silierung. Bei der Versuchsplanung galt es einen Kompromiss zu finden zwischen dem Ziel der Untersuchungen, nämlich der Ermittlung der Effekte der Silierdauer auf den Umfang der Proteolyse, insbesondere die Bestimmung des Umfangs der Proteolyse in Abhängigkeit von der Silierdauer, und der analytischen Kapazität.

Im Folgenden werden die Versuchsplanung bei der Durchführung der Silierversuche, die jeweils verwendeten Analysemethoden sowie die durchgeführten *in situ*-Untersuchungen beschrieben und Hinweise auf die Methodik der N-Bilanzierungsversuche gegeben. Den Abschluss bilden Angaben zu den angewandten statistischen Methoden.

---

<sup>36</sup> Dr. Pieper Technologie und Produktentwicklung GmbH, Dorfstraße 34, 16818 Wuthenow (www.dr-pieper.com)

#### 4.4.1 Aufbau der Silierversuche mit Weidelgras (Jahr 2011)

Nach dem Schnitt (Erntetermin 14. Juni 2011) wurde das Weidelgras (beschrieben in 4.1) einer 24-stündigen Anwelkphase unterzogen und anschließend gehäckselt (5 cm theoretische Häcksellänge). Angestrebt wurde ein mittlerer TM-Gehalt des Siliergutes zum Zeitpunkt des Befüllens der Laborsilos von 30 %. Die Befüllung der Laborsilos (luftdichtverschließbare Gläser der Firma Weck) mit dem angewelkten Ausgangsmaterial erfolgte schnell, immer in gleicher Weise und – bezogen auf die jeweilige Versuchsvariante - in dreifacher Wiederholung. Zielvorgabe bei der Befüllung der Gläser war eine mittlere Dichte von 0,7 kg Pflanzenmaterial pro Liter. Die Behandlungen des Siliergutes mit den entsprechenden Zusätzen an tanninhaltigem Pflanzenmaterial bzw. biologischer oder chemischer Silierzusatzstoffe (sechs Varianten mit Zusätzen plus Kontrolle, siehe Tabelle 17 und Tabelle 18) erfolgte unmittelbar vor dem Prozess des Einsilierens.

**Tabelle 17: Angaben zu den Varianten der im Jahr 2011 durchgeführten Silierversuche sowie Bezeichnung der Versuchsvarianten in der vorliegenden Arbeit**

	Ohne Tannine	Quebracho	Mimosa
Ohne Silierzusatzstoff	Kontrolle	Q	M
Kombinationsprodukt	CS+BS	Q+CS+BS	
Biologischer Silierzusatzstoff	BS	Q+BS	

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

**Tabelle 18: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen im Jahr 2011**

Pflanzmaterial	Weidelgras
Anwelkgrad in der Trockenmasse	30% (angestrebt)
Versuchsvariante	Kontrolle und Tanninzulage (3,8%)
Tannin-Variante	Quebracho bzw. Mimosa
Silierzusatzstoffe	Biologischer Zusatzstoff bzw. Kombinationsprodukt
Prüfdauer (Silierdauer)	1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 1 d, 3 d, 6 d, 12 d, 24 d, 48 d, 96 d
Wiederholungen je Prüfglied	3
<b>Gesamtanzahl der geprüften Laborsilos:</b>	<b>231</b>

Die Laborsilos wurden zu strikt festgelegten Zeitpunkten (eine, drei, sechs und zwölf Stunden nach Beendigung des Befüllens, sowie nach einem, drei, sechs, zwölf, 24, 48 und 96 Tagen) geöffnet. Unmittelbar nach dem Öffnen wurden repräsentative Proben des Inhalts entnommen und diese für die Analytik aufbereitet. Um den Prozess der Proteolyse im Gärgut nach der

Entnahme aus den Laborsilos zu unterbrechen, wurden die Proben unverzüglich eingefroren und bei -18 °C bis zur Analyse gelagert.

Die Zugabe des biologischen Silierzusatzstoffes erfolgte nach den Angaben des Herstellers: 1000 kg Siliergut (FM) wurden mit einem Gramm des biologischen Silierzusatzstoffes geimpft, indem der Zusatz zunächst in einem Liter ungechlortem Wasser gelöst wurde, woraus eine Impfdichte von  $3 \times 10^5$  KbE pro Gramm Siliergut resultierte. Appliziert wurde der biologische Silierzusatz mit einer Sprühflasche, welche pro Sprühstoß 1 ml Flüssigkeit versprühte. Aufgrund der mikrobiellen Aktivität der Milchsäurebakterien in der wässrigen Lösung wurde die entsprechende Mischung jeweils eine Stunde vor Beginn der Befüllung der Laborsilos frisch angemischt.

Die Ameisensäure des Kombinationsproduktes<sup>37</sup> wurde separat vom biologischen Silierzusatz (Beschreibung 4.3), entsprechend den Herstellerangaben, durch einen speziellen Dosierer in einem Mengenverhältnis von 1,5 l/1000 kg<sup>38</sup> Siliergut (FM) sowie einem Gramm des biologischen Silierzusatzstoffes je 1000 kg Siliergut (FM) appliziert.

Die Tanninextrakte wurden vor der Applizierung in Wasser (Trinkwasserqualität) gelöst, in dosierten Portionen auf das Siliergut aufgesprüht und anschließend per Hand mit dem Siliergut in separaten Wannen vermischt. Dauer und Intensität der Mischung waren ausgerichtet an dem Ziel der Wahrung der Homogenität. Angestrebt wurde eine Konzentration an Tanninen von drei Prozent bezogen auf einen TM-Gehalt der Silagen von 30 %.

Um die Effekte des Zusatzes von Flüssigkeiten bei der Zulage von Silierzusatzstoffen auszugleichen, wurden den Kontrollvarianten eine entsprechende Menge Wasser in Trinkwasserqualität (81 ml/2,5 l Laborsilo) zugegeben und eingemischt.

Nach dem Befüllen der Laborsilos wurden diese luftdicht verschlossen. Die Masse des Inhaltes der Versuchssilos wurde sowohl zu Beginn als auch am Ende der jeweiligen Silierphase durch Wägung quantitativ erfasst.

Während des Befüllens der Laborsilos wurde das Siliergut/Pflanzenmaterial kontinuierlich beprobt, um Änderungen in der Qualität bzw. chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials erfassen zu können.

---

<sup>37</sup> Amasil®NA:  $75 \pm 2$  % Ameisensäure,  $7 \pm 2$  % Natrium,  $18 \pm 2$  % Wasser und Milchsäurebakterien (Lactobacillus plantarum DSM 8866 und 8862)

<sup>38</sup> Empfehlung für Weidelgras bei 25 % TM

Die Zahl, der nach einheitlichen Kriterien befüllten Laborsilos, belief sich für alle Versuchsvarianten auf insgesamt 231 Laborsilos. Nach dem Öffnen der Laborsilos und nach Entnahme des Pflanzmaterials aus den Laborsilos wurden die Proben sofort eingefroren und bis zur analytischen Untersuchung bei einer Temperatur von -18 °C aufbewahrt.

Die laborchemischen Untersuchungen der Proben wurden bei der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH (LKS), August-Bebel-Straße 6, 09577 Niederwiesa/Lichtenwalde (Sachsen), untersucht sowie per Gefriertrocknung<sup>39</sup> getrocknet, um ein Wiedereinsetzen der Proteolyse während des Auftauprozesses zu verhindern. Für die Gefriertrocknung wurden Proben von jeweils 0,5 kg verwendet. Zudem wurden Rückstellproben von Materialien ab dem 6. Öffnungstag eingelagert.

#### 4.4.2 Methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen mit Luzerne (Jahr 2013)

Luzerne war – wie beschrieben unter Punkt 4.1 – das Ausgangsmaterial für Silierversuche im Jahr 2013. Zur Realisierung des Ziels, Silagen mit zwei unterschiedlichen mittleren TM-Gehalten zu gewinnen (30 bzw. 40 % TM) wurde das Ausgangsmaterial an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (9. und 10. Juli 2013) siliert. Zwei tanninhaltige Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Mimosa bzw. Quebracho) wurden in drei gestaffelten Gaben dem Siliergut zugesetzt (0,5; 1,5 und 3 %/kg Silage-TM) (siehe dazu Tabelle 19). Die Kalkulation der applizierten Tanninmengen basierte auf einem mittleren TM-Gehalt der Luzerne von 40 % TM am 09.07.2013 und einem solchen von 45 % am 10.07.2013. Die tanninhaltigen Pflanzenextrakte wurden – unabhängig von der jeweiligen Konzentration – stets in der selben Wassermenge gelöst. So ergab sich bei allen Behandlungsvarianten eine konstante Menge zugesetzten Wassers von jeweils 25 ml/kg Pflanzenmaterial-FM.

Bei den Untersuchungen auf Basis von Luzerne wurden alle Varianten – im Gegensatz zu den Versuchsvarianten auf Basis von Weidelgras – ohne den Zusatz biologischer oder chemischer Silierhilfsmittel einsiliert. Neben der Kontrollvariante (ohne Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten) wurde bei den Luzerneversuchen zudem eine weitere Variante nämlich ein kommerzieller tanninhaltiger Futtermittelzusatzstoff (Farmatan®) in einer Konzentration von

---

<sup>39</sup> Bei der Gefriertrocknung oder Lyophilisation handelt es sich um die produktschonendste Methode Gefriergut zu trocknen. Das gefrorene Produkt wird dabei unter Vakuum getrocknet ohne dabei aufzutauen. Es findet ein direkter Übergang vom festen in den dampfförmigen Zustand unter Umgehung des flüssigen Aggregatzustandes statt (CHRIST 2011).

3 % bezogen auf die Silage-TM eingesetzt, darüber hinaus diente Hornklee als tanninhaltige Referenzpflanze (siehe Tabelle 19).

**Tabelle 19: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen bei den Silierversuchen auf Basis von Luzerne im Jahr 2013**

	Trockenmassestufen (TM)							
	30 % TM				40 % TM			
	Tanningehalt in % der TM							
Zusätze	0	0,5	1,5	3	0	0,5	1,5	3
Kontrolle	CON				CON			
Quebracho		QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3		QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3
Mimosa		MIM 0,5	MIM 1,5	MIM3		MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3
Hornklee	HOR				HOR			
Farmatan®				FAR				

CON: Kontrolle; QUE: Quebracho; MIM: Mimosa; HOR: Hornklee; FAR: Farmatan

Zusätze in Prozent: 0,5; 1,5 und 3

Nach 3, 10, 49, 90 und 180 Siliertagen wurden jeweils 3 Proben (Parallelen) der Kontrollvariante sowie jeweils drei Proben (Parallelen) der Luzernevarianten, die mit Zusätzen von Mimosa bzw. Quebracho siliert worden waren, geöffnet. Die Laborsilos mit den Proben von Hornklee und diejenigen, die mit Zulage von Farmatan® einsiliert worden waren, wurden einheitlich nach 90 Tagen geöffnet (siehe Tabelle 20).

**Tabelle 20: Versuchsaufbau und methodisches Vorgehen der Silierversuche im Jahr 2013**

Pflanzenmaterial	Luzerne
Anwelkgrad (in Trockenmasse)	30 und 40 % (angestrebt)
Versuchsvariante	Kontrolle, Tanninzulage (0; 0,5; 1,5 und 3%)
Tanninvarianten	Quebracho und Mimosa
Prüfdauer (Silierdauer in Tagen)	3, 10, 49, 90, 180
Wiederholungen je Prüfglied	3
Zusätzliche Varianten:	
Tanninquelle	Farmatan®
Tanninkonzentration (in %)	3
Tanninhaltige Referenzpflanze	Hornklee (100%)
Prüfdauer Silierdauer (Tage)	90
Wiederholungen je Prüfglied	3
Gesamtanzahl der geprüften Laborsilos:	192

Die Auswahl der Laborsilos zu den jeweiligen Öffnungsterminen innerhalb der einzelnen Varianten erfolgte strikt nach dem Zufallsprinzip (random sample).

Nach der Öffnung eines Laborsilos wurde der Inhalt zunächst einer optischen Beurteilung unterzogen und anschließend die sogenannten Silierverluste durch Differenzwägung des Inhalts bestimmt. Bis zur Analyse wurden die Proben bei  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt.



Luzerne, gehäckselt, als Ausgangsmaterial für die Silierversuche im Jahr 2013



Vorbereitende Arbeiten für die Applikation von Lösungen mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten auf das zu silierende Pflanzenmaterial



Applikation (Zusatz) der tanninhaltigen Pflanzenextrakte zum Siliergut (Luzerne)



Laborsilos mit einheitlichen verdichtetem Pflanzenmaterial (700g Luzerne-FM pro Liter) vor dem Verschließen

**Abbildung 15: Silierversuche mit Luzerne im Jahr 2013 (Fotos: S. Martens)**

#### 4.4.3 Analytik

Die Untersuchung der Proben erfolgte bei der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH in Lichtenwalde (LKS), Lichtenwalde, Sachsen.

##### 4.4.3.1 Angewandte Analyseverfahren bei der Untersuchung des Ausgangsmaterials

Die Tabelle 21 führt die angewandten Methoden der Analytik auf.

**Tabelle 21: Methoden zur Analytik des Ausgangsmaterials**

<b>Parameter</b>	<b>Angewandte Methode</b>
<b>Trockenmasse</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 3.1
<b>Rohasche</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 8.1
<b>Rohprotein</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III 4.1.1.
<b>Rohfaser</b>	mittels NIR am LKS
<b>Rohfett</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 5.1.1
<b>Zucker</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, Kap. 7.1.1
<b>Nitrat</b>	Potentiometrische Nitratbestimmung mit ionensensitiven NO <sub>3</sub> -Elektroden (LENGERKEN und ZIMMERMANN, 1991)

Das nutzbare Rohprotein am Duodenum wurde auf Basis des Vorschlages der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) kalkuliert.

##### 4.4.3.2 Analyseverfahren zur Untersuchung der Silageproben

Die bei den Untersuchungen der Silageproben verwendeten Analysemethoden sind in Tabelle 22 aufgeführt.



**Tabelle 22: Übersicht über die Analysemethoden zur Untersuchung der Silageproben<sup>40</sup>**

Parameter	Angewandte Methode
<b>Trockenmassegehalt</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 3.1
<b>Wasserlösliche Kohlenhydrate</b>	Hausmethode (HPLC)
<b>Pufferkapazität</b>	Hausmethode LKS FMUAA 127a (RICHARDT 2015, persönliche Mitteilung)
<b>Zucker</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 7.1.1
<b>Nitrat</b>	Potentiometrische Nitratbestimmung mit ionensensitiven NO <sub>3</sub> -Elektroden (LENGERKEN und ZIMMERMANN, 1991)
<b>pH-Wert</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 18.1
<b>Gärsäuren</b>	Hausmethode (HPLC)
<b>Ammoniak</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 4.8.1
<b>Rohfaser</b>	mittels NIR am LKS
<b>Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom)</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 6.5.1
<b>Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom)</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 6.5.2
<b>Säure-Detergenzien-Lignin (ADL)</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 6.5.3
<b>Rohfett</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 5.1.1
<b>Rohasche</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 8.1
<b>Rohprotein</b>	VDLUFA METHODENBUCH Bd. III, 4.1.1. <sup>41</sup>
<b>Rohproteinfraktionen</b>	Hausmethode Enquete 342 M (2003), die sich an den Arbeiten von LICITRA et al. (1996), orientiert RICHARDT 2003)
<b>Proteinlöslichkeit</b>	Hausmethode Enquete 342 M (2003), die sich an den Arbeiten von LICITRA et al. (1996), modifiziert nach SHANNAK et al. (2000), orientiert RICHARDT 2003)
<b>Pepsinunlösliches Protein</b>	mittels NIR am LKS
<b>Hohenheimer Futterwerttest (HFT)</b>	TILLEY und TERRY (1963) modifiziert durch STEINGASS und MENKE (1986)

Am LKS in Lichtenwalde existierte keine separate Kalibrierung für Hornkleesilagen. Aus diesem Grund wurden für die Hornklee-Silageproben die Kalibrierungsdaten für Grassilagen übernommen.

Die chemische Fraktionierung des Parameters „Rohprotein“ in dem Pflanzenmaterial als Grundlage zur Kalkulation des Anteils des unabgebauten Rohproteins (UDP) basierte auf einer Methode mit der Bezeichnung „Enquete 324 M“ (RICHARDT 2003). Die Ergebnisse der Fraktionierung wurden auf die TM bezogen und wurden jeweils in dreifacher Wiederholung

<sup>40</sup> Die Angaben zu den Gehalten an Rohnährstoffen wurden auf TM korrigiert (RICHARDT 2013, persönliche Mitteilung)

<sup>41</sup> Kjeldahl-Aufschluss

gemessen. Als weitere Ergebnisse der „Enquete 324 M“ (die sich an den Arbeiten von LICITRA et al. (1996), modifiziert nach SHANNAK et al. (2000), orientiert (RICHARDT 2003)) wurden sowohl pufferlösliche bzw. unlösliche N-Verbindungen, Nicht-N-Verbindungen, Neutrale Detergenzien-Faser (NDF, modifiziert) als auch die Fraktion Säure-Detergenzien-Faser (ADF) erfasst.

Aus den Ergebnissen der nach der Methode „Enquete 324 M“ untersuchten Proben, lässt sich aus der Summe der Rohproteinfraktion A und B1 letztlich ein Wert für die Proteinlöslichkeit kalkulieren.

Die Fraktion der wasserlöslichen Kohlenhydrate repräsentiert die Summe von Saccharose, Glucose, Fructose und Fruktanen in der untersuchten Probe.

#### 4.4.4 Auswertung der Ergebnisse

Der Ammoniakgehalt der Silageproben wird angegeben als  $\text{NH}_3\text{-N}$ , ausgedrückt in Prozent des Gesamt-N-Gehaltes, entsprechend den Vorgaben des DLG-Bewertungsschlüssels. Der Gehalt an Buttersäure umfasst sowohl die n-Buttersäure als auch die iso-Buttersäure.

Der Parameter „Gärverlust“ wird aus Differenzwägung der Einwaagen und Auswaagen berechnet und in Prozent (der Masse des Ausgangsmaterials) angegeben.

Die Umsetzbare Energie wurde mit Hilfe einer Gleichungen von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2016) bestimmt. Nach Berechnung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie (MJ ME/kg TM) für das jeweilige Futtermittel, kann die Nettoenergie-Laktation berechnet werden. Die Umrechnung des Energiegehaltes erfolgte nach einer weiteren Formel der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2016).

Die Fraktion des pansenstabilen Proteins (angegeben als UDP5) wurde basierend auf der Kalkulationsgrundlage von KIRCHHOF (2007) bestimmt. Der Wert bzw. die Gehalte des im Pansen nicht abbaubaren Rohproteins wurde auf Basis der Rohproteinfraktionen unter Nutzung einer Regressionsfunktion, welche für frisches Grünfutter entwickelt wurde, auf Basis einer unterstellten Passagerate von 2, 5 und 8 %/h kalkuliert (KIRCHHOF et al., 2010).

Die Berechnung des nutzbaren Rohproteins am Duodenum basiert auf einem Vorschlag der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001).

Ein Maßstab für die N-Versorgung der Mikroorganismen im Pansen ist die ruminale N-Bilanz (RNB). Die Berechnungsformel von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie lautet wie folgt (GfE 2001):

$$\text{RNB} = \frac{\text{Rohprotein - nutzbares Rohprotein}}{6,25}$$

#### 4.4.5 *In situ*-Methode

Die *in situ*-Versuche wurden an drei trockenstehenden pansenfistulierten Kühen (geboren: 08.03.2008; 27.06.2003 sowie 11.07.2004) im Herbst 2012 durchgeführt. Die Kühe wurden auf dem Lehr- und Versuchsgut des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Am Park 3, 04886 Arzberg OT Köllitsch, Sachsen, gehalten.

Tabelle 23 gibt Auskunft über die standardisierte mittlere Zusammensetzung der Futterration, mit der die pansenfistulierten Kühe gefüttert wurden. Die Angaben der TM-Gehalte der einzelnen Rationskomponenten stammen aus Tabellenwerken, da die tatsächlichen Werte nicht ermittelt wurden.

**Tabelle 23: Mittlere Zusammensetzung der Ration der pansenfistulierten Milchkühe (Pansensaft-Spenderinnen)**

Mittlere tägliche Rationszusammensetzung	Mengenangaben (kg)	TM-Gehalt (Durchschnitt)	Rationszusammen- setzung in der TM (kg)
Heu	0,2	89 %	0,18
Luzernesilage	16	36 %	5,76
Sojaextraktionsschrot	1,5	88 %	1,32
Rapsextraktionsschrot	1,5	89 %	1,34
Gerste	4	86 %	3,44
Kraftfutter inkl. Mineralfutter (LEIKRA®)	2,5	95 %	2,38
Maissilage	28	35 %	9,8

Gefüttert wurden die Tiere täglich um 5.45 Uhr und 14 Uhr. Die Polyesterbeutel (Firma ANKOM, Typ R1020, Größe 10 cm x 20 cm) für Grobfuttermittel sowie die Beutel für Konzentratfutter (Typ R510, Größe 5 cm x 10 cm) wurden standardisiert inkubiert und verblieben jeweils 2, 4, 8, 16, 24 bzw. 48 Stunden im Pansen der Kühe.

Der Arbeitsablauf der *in situ*-Inkubationen der Silagen in den Pansen wurden nach einer Vorschrift durchgeführt, die für einen Ringversuch in der Fachgruppe V des VDLUFA formuliert wurde (ANONYM, 2006). Sie beruht auf einer Arbeit von MADSEN und HVELPLUND (1994) für Konzentratfutter und wurde für Grobfutter angepasst und modifiziert. Der Arbeitsablauf ist in der Abbildung 16 (SÜDEKUM 2005) schematisch dargestellt. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit wird die Methode nachstehend auszugsweise zitiert (kursiver Text):

### *„1. Beutel*

*(...)*

#### *Vorbereitung:*

*Die Beutel werden nach dem Beschriften und vor der erstmaligen Verwendung (...) in einem Kaltwaschgang in der Waschmaschine entsprechend der Behandlung der Beutel nach der Inkubation gewaschen. Anschließend werden diese bei 60 °C im Trockenschrank für 12 h getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und darauffolgend das Leergewicht ermittelt.*

#### *Verschließen der Beutel:*

*Die Frage des Verschließens der Beutel (Kabelbinder oder Verschweißen) wird nicht als relevant für die Standardisierung angesehen, so dass die laboreigene Methode benutzt werden kann.*

### *2. Futtermittel und Fütterung der fistulierten Tiere*

#### *Fütterung:*

*Gemischte Grobfutter:Konzentratfutter-Ration im Verhältnis von 70:30.*

*Zusammensetzung des Grobfutters: Maissilage und Heu im Verhältnis von 50:50 i.d.TM.*

*Mögliche Zusammensetzung des Konzentratfutters: Raps- und/oder Sojaextraktionsschrot, Körnermais, Weizen/Gerste, Trockenschnitzel*

#### *Mineralfutterergänzung!*

*Ziel: 13 % Rohprotein in der Rationstrockenmasse; Ernährungsniveau auf 1,2- bis 1,4-facher Menge des Erhaltungsbedarfs, wobei möglichst ein Ernährungsniveau in Höhe des 1,2-fachen der Erhaltung angestrebt werden sollte.*

*Folgender Vorschlag ergibt sich für die Gesamtration (bezogen auf TM):*

*35 % Maissilage (8 % XP angenommen), 35 % Heu (12 % XP angenommen), 30 % Kraftfutter (20 % XP angenommen).*

*Kraftfutter: 36 % Rapsextraktionsschrot (36 % XP), 20 % Körnermais (10 % XP), 20 % Weizen (14 % XP), 20 % mel. Trockenschnitzel (11 % XP), 4 % Mineralfutter.*

#### *Fütterungszeiten:*

*2 Fütterungszeiten, Verhältnis von Morgen- zu Abendfütterung 45:55 % der Rationstrockenmasse, Abstand zwischen den Fütterungen 9 h. Dieser Zeitabstand wird zwar als nicht ideal angesehen (ideal wären 12 h), ist aber aufgrund der Arbeitsbedingungen in den einzelnen Versuchsanstalten jedoch nicht anders durchführbar.*

*(Vorschlag für Fütterungszeiten: Morgens 7:00 Uhr, abends 16:00 Uhr)*

*Einhaltung einer mindestens 10-tägigen Adaptionsperiode vor Beginn der Inkubation*

*Verwendung von mindestens drei Tieren (oder 2 x 2 bei nur zwei Tieren)*

*Zu inkubierende Futtermittel:*

*Grobfuttermittel: Heu, Maissilage*

*Konzentratfuttermittel: Körnermais, Rapsextraktionsschrot*

### *3. Vorbereitung der Futtermittel und Einwaage*

*Die Vorbereitung der Futtermittel (Gefriertrocknung und Vermahlung auf 3 mm) erfolgt zentral. (...)*

*Die Einwaage erfolgt mit dem verschickten Probenmaterial. Zur Feststellung des Restwassergehaltes des jeweiligen Probenmaterials erfolgt zeitgleich zur Einwaage eine TS-Bestimmung des Materials bei 103 °C über 4 Stunden.*

*Die Einwaage des Probenmaterials erfolgt für Grobfuttermittel mit etwa 4 g (Beutel R1020), für Konzentratfuttermittel mit etwa 1,5 g (Beutel R510) TM pro*

Beutel. Ein Verhältnis von Einwaage zu Beuteloberfläche von durchschnittlich 12,5 mg TM/cm<sup>2</sup> wird angestrebt.

Die Frage der Inkubationstechnik wird so geklärt, dass das von Herrn Steingäß (Hohenheim) vorgestellte Modell eines PVC-Zylinders, das am oberen und unteren Rand mit Löchern versehen ist, favorisiert wird. (...) Grundsätzlich verbleibt aber auch die Möglichkeit, mit einem Metallring (Gruber, Gumpenstein) zu arbeiten. Die Schnurlänge ist nicht „verkürzt“ zu wählen (= ausreichend lang). Dazu Herr Steingäß: „der Pansengrund ist der einzige Ort, wo einigermaßen vergleichbare Bedingungen herrschen dürften. Die Aktivität ist zwar geringer als dorsal aber stabiler. Nachdem die Mächtigkeit der Fasermatte nicht zu standardisieren ist, besteht bei gekürzter Schnurlänge das Problem, dass die Beutel sich einmal mehr oder weniger in der Faserschicht befinden, und das nicht nur bei verschiedenen Tieren sondern auch im Lauf des Tages (nach der Fütterung mehr, dann weniger = Problem bei kurzen Inkubationszeiten)“.

#### 4. Inkubation der Beutel in den Pansen

Die Inkubationsperiode beträgt für Grobfuttermittel sowie für Konzentratfuttermittel

2 h (4 Beutel je Tier), 4 h (4 Beutel je Tier), 8 h (4 Beutel je Tier), 16 h (4 Beutel je Tier), 24 h (4 Beutel je Tier), 48 h (4 Beutel je Tier) und 96 h (6 Beutel je Tier). Der (theoretische) Endpunkt (z.B. 336 h) wird, wenn erforderlich, rechnerisch (z.B. durch Interpolation) bestimmt. Die Ermittlung der Auswaschverluste in der Waschmaschine erfolgt mit je 3 Beuteln pro Futtermittel.

Pro Inkubationszeitpunkt werden jeweils alle Beutel gleichzeitig inkubiert und gleichzeitig entnommen (aufeinander folgende Inkubationssequenz). Die Beutel sollten gleichmäßig verteilt am PVC-Zylinder befestigt in den Pansen eingebracht werden.

Die pH-Messung während des Versuches kann unterbleiben. Stattdessen sollte vor Versuchsbeginn bzw. nach Abschluss der Adaptionsphase eine pH-Messreihe durchgeführt werden (mögliche Messpunkte in Minuten nach der Morgenfütterung: 0, 60, 120, 180 und 240).

Inkubationsbeginn ist stets direkt vor der Morgenfütterung. Vor Beginn der Inkubation werden die Beutel für eine Minute in warmem Wasser (40 °C) konditioniert.

#### 5. Entnahme und Behandlung der Beutel nach der Inkubation

Nach der Entnahme aus den Pansen werden die Beutel in Eiswasser eingelegt, danach grob mit kaltem Leitungswasser abgespült und anschließend in der Waschmaschine in einem Wäscheetz (Muster wird mit den Futterproben verschickt) gewaschen. Vor dem Waschvorgang können die abgespülten Beutel auch eingefroren bzw. für maximal 24 h im Kühlschrank gelagert werden. Bezüglich der Waschmaschine sind die Parameter Waschprogramm, Programmdauer, Anzahl der Wasserwechsel und Menge des verwendeten Wassers festzuhalten. Nach dem Maschinenwaschgang werden die Beutel getrocknet bzw. bis zur Trocknung gefroren gelagert.

Die Trocknung der inkubierten Beutel erfolgt bei 60 °C für 24 h im Umlufttrockenschrank. Die für die Rückwaage nötige Restwasserbestimmung erfolgt entsprechend der Einwaage (siehe Vorbereitung der Futtermittel). Die Ermittlung des Trockenmasseverlustes in situ wird unter Berücksichtigung der Restwasserbestimmung bei Ein- und Rückwaage durchgeführt.

#### 6. Ermittlung der wasserlöslichen Fraktion der Futtermittel

Grundsätzliche Durchführung nach Südekum (siehe Vorschlag Vorschrift Punkt 8) jedoch unter Berücksichtigung einiger methodischer Modifikationen nach Vorschlag von Herrn Steingaß:

... für die Bestimmung der wasserlöslichen Fraktion wird in einer Vierfachbestimmung (bei Futtermitteln mit hohem Anteil wasserlöslicher Bestandteile ist die Zahl der Wiederholungen entsprechend zu erhöhen) jeweils eine ca. 2 g TM entsprechende Menge in 250-ml Bechergläser eingewogen, mit 100 ml destilliertem Wasser (ca. 40° C) aufgefüllt und (...) 1 min bei gelegentlichem Umrühren stehen gelassen. Anschließend erfolgt die Filtration durch einen bei 60 °C getrockneten, gewogenen Faltenfilter (Nr. 595<sup>1/2</sup>; Durchmesser 185 mm; Schleicher & Schuell, Dassel). Es wird 2 Mal mit jeweils ca. 50 ml erwärmtem Wasser (ca. 40 °C) nachgespült. Nach Trocknung des Filters und Wägung (...) wird die wasserlösliche Fraktion der TM als Differenz Einwaage minus Rückwaage berechnet. Die Verluste an kleinen, wasserunlöslichen Partikeln (SP) während des Waschvorgangs werden aus der Differenz der 0 h-Verluste aus den Beuteln und der wasserlöslichen Fraktion errechnet.

Trocknung der Filter nach Filtration bei 60 °C für 24 h im Umlufttrockenschrank zuzüglich Restwasserbestimmung wie beschrieben.

#### 7. Chemische Analysen

(...) Für die Futtermittel erfolgt eine Weender-, van Soest- und Stärkebestimmung.

Für die Residuen gilt:

Grobfuttermittel: Bestimmung der Trockensubstanz, der NDF und des Rohproteingehaltes.

Konzentratfuttermittel: Bestimmung der Trockensubstanz und des Rohproteingehaltes.

Für die Analytik werden die Residuen pro Futtermittel und Inkubationszeit tierweise gepoolt.(...)“



Abbildung 16: Schematische Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte bei der *in situ*-Methode (SÜDEKUM 2005)

Zur Überprüfung der Auswaschverluste des 0h-Durchganges wird mit zehn „neuen“ Futtermitteln<sup>42</sup> zuzüglich der vier Futtermittel aus dem „ersten“ Durchgang wie folgt vorgegangen:

Für die Ermittlung der Auswaschverluste werden ausschließlich die „großen“ Beutel (R1020) verwendet. Jedes Futtermittel wird dabei in 6facher Wiederholung überprüft. In jeden Beutel werden vier Gramm TM eingewogen. Zur Feststellung des Restwassergehaltes des jeweiligen Probenmaterials erfolgt zeitgleich zur Einwaage eine TS-Bestimmung des Materials bei 103 °C über eine Dauer von vier Stunden. Bevor die Waschmaschine gefüllt wird, sollte die Waschmaschine gereinigt bzw. das „Restwasser“ entfernt werden. Je Waschvorgang (= 2 Waschdurchgänge) sollte die Maschine mit maximal 42 Beuteln, die sich in einem WäscheNetz befinden, beladen sein. Wenn die zwei Waschvorgänge beendet und die Beutel aus der Maschine entnommen sind, werden diese moderat abgepresst.

Im Anschluss findet eine Rücktrocknung der Beutel statt. Dabei werden insgesamt sechs Beutel bei 60 °C für 24 h im Umlufttrockenschrank und davon anschließend zwei Beutel bei 103 °C über vier Stunden zur Bestimmung der Restfeuchte getrocknet.

Daran schließt sich die Ermittlung der wasserlöslichen Fraktion entsprechend dem Protokoll zur Durchführung des *in situ*-Ringversuchs an.

Die Auswaschprobe ist für jedes zu prüfende Futtermittel einmal durchzuführen, da durch das Waschen der Beutel nach der Inkubation nach der oben beschrieben standardisierten Methode „Verluste“ an TM und Rohprotein entstehen. Der daraus ermittelte Wert fließt als Korrekturfaktor in die Berechnungsformel (ermittelt durch die LKS mit dem Statistik-Programm-Paket SAS) ein.

Die Berechnung der Verschwindensrate des Rohproteins und der TM erfolgte nach ØRSKOV und McDONALD (1979) für den effektiven Abbau:

$$ED = a + ((bc)/(c + k)) \cdot e^{-k}$$

ED	= Leicht löslich
a	= löslich
b	= potentiell abbaubar
c	= Abbaurate von b (% / Stunde)
k	= Passagerate, normalerweise berechnet für:
	0,08 = 8 %/h = hohes Futterniveau, Kuh
	0,05 = 5 %/h = mittleres Futterniveau, Mastrind
	0,02 = 2 %/h = niedriges Futterniveau, Erhaltung

---

<sup>42</sup> Verwendete Futtermittel: (5) Biertreber (getrocknet, pelletiert), (6) Erbsen, (7) Gerste, (8) Wiesen gras (gefriergetrocknet), (9) Grassilage (gefriergetrocknet), (10) Hafer, (11) Luzernegrünmehl, (12) Sojaextraktionsschrot, (13) Weizenstroh, (14) Zuckerrübenschnitzel (melassiert, pelletiert)

#### 4.4.6 Bestimmung der (scheinbaren) Verdaulichkeit des Rohproteins im Hammelversuch

Die Silagen für den N-Bilanzversuch im Jahr 2013 wurden in Kunststoff-Fässern mit einem Volumen von jeweils 30 Litern am Lehr- und Versuchsgut in Köllitsch, Sachsen, hergestellt. Der Luzerne wurde vor dem Silieren 3 % Mimosa-Extrakt (bezogen auf die TM des Ausgangsmaterials) hinzugegeben. Die Kontrolltiere erhielten Luzernesilage ohne Tanninzusatz.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit erfolgte in Anlehnung an die Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE1991).

Die Versuche wurden vom 7. November bis 2. Dezember 2013 an 2 x 4 adulten Hammeln der Rasse Rauhwolliges Pommersches Landschaf am Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Versuchszentrum (AEVZ), dem Versuchsgut der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg in Merbitz (Sachsen-Anhalt) durchgeführt. Es wurden täglich 2100 g Silage-FM (tanninhaltige Silage in der Versuchsgruppe sowie tanninfreie in der Kontrollgruppe) je Hammel und Tag verfüttert, entsprechend 714 g TM/Tier und Tag (bei einem mittleren TM-Gehalt der Silagen von 34 %).

Die Silierfässer wurden am 9. Oktober 2013 geöffnet. Für die einzelnen Tagesrationen wurde aus allen Fässern anteilig das Futter entnommen und vor der Einwaage der Tagesrationen je Tier (2100 g FM/Tier) durchmischt. Bis zur Verwendung wurde die jeweilige Futterration bei -18 °C gelagert und 24 Stunden vor der Verfütterung schonend aufgetaut.

Nach einer 21-tägigen Anfütterungsphase wurde über einen Zeitraum von insgesamt sechs Tagen die Kotmenge durch einen am Geschirr befindlichen Sammelbehälter quantitativ erfasst. Über den gesamten Zeitraum von vier Wochen standen die Hammel einzeln in Stoffwechselkäfigen (siehe Abbildung 17).



**Abbildung 17: Stoffwechselkäfige sowie Futterbehälter zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe**



Zu Beginn der Sammelperiode belief sich die mittlere Körpermasse der Tiere, die eine Ration ohne Tanninzulage erhielten, auf 75,5 kg und bei denjenigen Tieren, die mit dem Zusatz eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes in der Silage gefüttert wurden, auf 69,1 kg.

Die mittlere Rohnährstoffzusammensetzung der Ration ist in der Tabelle 24 aufgeführt.

**Tabelle 24: Mittlere Rohnährstoffzusammensetzung der Luzernesilagen mit und ohne Tanninzusatz**

	TM	Rohasche	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	NDFom*	ADFom**
<b>Tannin-</b>	%						
<b>zusatz</b>				% i. d. TM			
<b>Ohne</b>	33,8	20,0	15,1	1,9	28,1	36,0	30,8
<b>mit</b>	34,6	18,4	14,8	2,2	30,0	38,9	30,2

\* Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung

\*\* Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung

#### 4.4.7 Statistische Auswertung

Mittelwerte (MS Excel: =Mittelwert(Zahl1;Zahl2;...), Standardabweichungen ausgehend von der Grundgesamtheit (MS Excel: =stabwn(Zahl1;Zahl2;...) sowie alle Grafiken wurden mit der Software Microsoft Office Excel 2011 für Mac berechnet bzw. erstellt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programm-Paket SAS (Version 9.3)<sup>43</sup>. Mit Hilfe der Prozedur „proc univariate“ wurden die Residuen auf Normalverteilung ( $\alpha = 0,1$ ) überprüft, die zuvor mit der Prozedur „proc mixed“ berechnet wurden. Dabei bildeten die Varianten die Klasse und das verwendete Modell lautete Merkmal = Variante, wobei das Merkmal jeweils eine untersuchte Variable ist. Die statistische Auswertung erfolgt getrennt für die einzelnen Stunden bzw. Tage.

Mit Hilfe der Prozedur „proc mixed“ wurde überprüft, ob von Varianzhomogenität oder Varianzheterogenität auszugehen ist; beurteilt wird dies durch den jeweiligen AIC-Wert (Akaike Informationskriterium (engl.: Akaike information criterion)). Durch den dabei ausgegebenen globalen F-Test ( $\alpha = 0,05$ ) wurde festgestellt, ob zwischen mindestens zwei Varianten ein signifikanter Unterschied besteht.

Die Signifikanzen – ausgegeben als Makros (Buchstaben) – wurden mit Hilfe des Tukey-Tests errechnet, da dieser im Gegensatz zum t-Test ein echter multipler Test ist und folglich strenger ist. Die Prozedur zur Darstellung der Makros (Mult.sas) wurde von PIEPHO (2013) an der Universität Hohenheim entwickelt.

Im Versuchsjahr 2011 wurden die Analyseergebnisse der Proben „24 Stunden nach Silierung“ von der Variante Quebracho in Kombination mit dem Kombinationsprodukt nicht erfasst,

<sup>43</sup> Statistical Analysis System

weshalb in der Auswertung die Ergebnisse nach „24 Stunden nach Silierung“ nicht berücksichtigt werden konnten.

Um den Einfluss der beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte sowie den Einfluss der gestaffelten Mengen tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf die Proteolyse des Pflanzenmaterials im Verlauf der Silierung zu quantifizieren, wurden die Versuchsvarianten des Versuchsjahres 2013 ohne Berücksichtigung der Kontrollvariante ausgewertet. Methodisch bedingt kann und darf bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse der Silierversuche (2013) die Kontrollvariante nicht einbezogen werden. Der methodische Ansatz bedingt, dass bei der Kreuztabelle Zellen nicht besetzt werden und Programmtechnisch den Zahlenwert „0“ erhielten. Die Öffnungstermine wurden separat voneinander ausgewertet.

Die Versuche an Hammeln zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe wurden mit der Prozedur „proc ttest“ auf Unterschiede zwischen den beiden Fütterungsvarianten überprüft. Bei diesen Untersuchungen handelte es sich um einen zweifaktoriellen Versuchsaufbau. Mit dem F-Test wurde zunächst geprüft, ob es sich um eine gepoolte Stichprobe handelt ( $\alpha = 0,01$ ). In Abhängigkeit von dem Ergebnis konnte entweder mit gleichen Varianzen oder musste mit verschiedenen Varianzen gearbeitet werden.

## 5 Ergebnisse

In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Untersuchungsergebnisse näher beschrieben.

Die Untersuchungen aus dem Jahr 2011 mit Weidelgras beziehen sich auf den Supplementationseffekt zwischen Tanninen und zwei Silierzusatzstoffen verglichen mit der Kontrolle. Die Untersuchungen, die im Jahr 2013 mit Luzerne durchgeführt wurden, befassten sich mit dem Einfluss der TM auf die Wirkung der Tannine und den Beeinflussungsmöglichkeiten unterschiedlicher Tanninmengen auf die Proteolyse. Die statistische Auswertung mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2013 wurde (wenn nicht anders erwähnt) ohne die Kontrolle durchgeführt, um einen möglichen Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie der verschiedenen zugesetzten Tanninmengen zu ermitteln. Außerdem wurde der Einfluss der TM bei der Silierung tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf die Proteolyse betrachtet.

Von besonderem Interesse ist der Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Proteolyse während der Silierung. Zu klären ist, wann die Proteolyse ihren Höhepunkt hat und somit der bestmögliche Zeitpunkt zur Wirkung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte ist. Des Weiteren soll geklärt werden, ob durch den Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten ein möglicher Verdünnungseffekt auf die Rohnährstoffe existiert. Es ist zu klären, ob die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe haben und inwiefern der Energiegehalt beeinflusst wird. Außerdem soll geprüft werden, ob verglichen mit der Kontrolle, die Gärqualität durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte unbeeinflusst bleibt und welchen Einfluss der Einsatz von Silierzusatzstoffen hat.

### 5.1 Ergebnisse der Silierversuche mit Weidelgras

Eine Übersicht über die Zusammensetzung des Siliergutes und die Rohproteinfraktionierung sowie dem UDP5-Gehalt nach einer 24-stündigen Anwelkphase befindet sich in Tabelle 25. Der angestrebte TM-Gehalt von 30 % konnte durch eine 24-stündige Trocknung nicht erreicht werden. Die tatsächlich ermittelte TM im Anwelkgut war niedriger (durchschnittlich  $24^{\pm 9}$  % TM) als angenommen, weshalb der tatsächliche Tanningehalt statt der angestrebten drei Prozent auf 3,8 % korrigiert werden musste. Der Energiegehalt der beiden untersuchten Proben des Ausgangsmaterials war vergleichbar (11,4 MJ ME kg/TM und 6,9 MJ NEL/kg TM verglichen mit 11,5 MJ ME kg/TM sowie 7,0 MJ NEL/kg TM).

Die Bestimmung der Rohproteinfraktion auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System (siehe Tabelle 25) zeigte Differenzen zwischen den beiden untersuchten Grüngutproben. Probe 1 hatte einen höheren Gehalt der Fraktionen A, B3 sowie C, hingegen die Probe 2 höhere Gehalte in den Fraktionen B1 sowie B2 hatte.

Der Nitratgehalt in den beiden Proben direkt nach dem Mähen lag bei über 32 g/kg TM und nach einer 24-stündigen Anwelkphase betrug er im Mittel 16 g/kg TM.

**Tabelle 25: Mittlere Rohnährstoffzusammensetzung und Rohproteinqualität (kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System) des zu silierenden Grüngutes (Weidelgras) direkt nach dem Mähen (Versuchsjahr 2011) und nach einer 24-stündigen Anwelkphase**

		Grüngut		Anwelkgut
		Probe 1	Probe 2	Durchschnitt aus 4 Proben
<b>Trockenmasse (TM)</b>	g/kg	135	142	231,7 <sup>±8,6</sup>
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	67	82	110,9 <sup>±8,8</sup>
<b>Rohprotein (RP)</b>	g/kg TM	250	250	182,8 <sup>±3,6</sup>
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM	208	190	208,6 <sup>±4,7</sup>
<b>Rohfett</b>	g/kg TM	41	42	36,5 <sup>±2,3</sup>
<b>Zucker</b>	g/kg TM	119	149	145,7 <sup>±21,2</sup>
<b>Nitrat</b>	g/kg TM	32,86	32,98	16,0 <sup>±0,8</sup>
<b>Nutzbares RP</b>	g/kg TM	173	167	158,1 <sup>±1,6</sup>
<b>Proteinqualität</b>				
<b>Rohproteinfraktionierung (in % des RP) und pansenstables Protein (UDP in % des RP)</b>				
<b>A</b>	% des RP	34,2	27,7	30,0 <sup>±7,9</sup>
<b>B1</b>	% des RP	6,3	13,5	7,3 <sup>±7,2</sup>
<b>B2</b>	% des RP	37,3	49,4	47,5 <sup>±7,3</sup>
<b>B3</b>	% des RP	17,0	5,6	11,1 <sup>±6,5</sup>
<b>C</b>	% des RP	5,1	3,9	4,0 <sup>±0,8</sup>
<b>UDP5 *</b>	% des RP	20	17	23,9 <sup>±1,8</sup>

\* pansenstables Protein mit einer Passagerate von 5 % pro Stunde

## 5.2 Optischer Eindruck der Weidelgrassilagen

Die Laborsilos, die zwischen der ersten Stunde und dem ersten Tag geöffnet wurden, waren vom Geruch nahezu unverändert. Ab dem dritten Siliertag war ein leicht saurer, aber angenehmer Geruch wahrnehmbar und ab dem zwölften Siliertag ein silagetypischer Geruch. Die Laborsilos, die die zugesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte enthielten, unterschieden sich im Geruch von den Varianten ohne tanninhaltige Pflanzenextrakte. Die Varianten mit Quebracho zeichneten sich durch einen stärkeren Eigengeruch aus, der nicht als unangenehm – aber sehr markant – wahrgenommen wurde.

Es konnte keine Schimmelbildung in den Laborsilos festgestellt werden (Abbildung 18) und während des Öffnens war teilweise ein deutliches Zischen zu hören, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die Laborsilos während der Silierung luftdicht abgeschlossen

waren. Bereits beim Öffnen der Laborsilos war zu erkennen, dass es sich um eine relativ feuchte Silage handelte.



**Abbildung 18: Darstellung des Inhaltes der Laborsilos (unabhängig von der Variante) an unterschiedlichen Öffnungsterminen: feucht, frei von Schimmel, gut verdichtet, homogenes Pflanzenmaterial**

Die Einwaagen schwankten zwischen 1516 g und 2043 g (FM). Die Ergebnisse zeigten, dass bei allen Varianten die Gewichtsverluste bei unter einem Prozent lagen. Der durchschnittliche Verlust lag bei 11,2 g FM bezogen auf die Füllmenge je Laborsilo. Die Standardabweichung bezüglich der Differenz zwischen Ein- und Auswaage lag bei allen Versuchsvarianten zwischen 1,1 und 2,7 g im Gegensatz zu 21,7 g bei der Kontrolle, bei der auch die höchsten Verluste gemessen wurden (durchschnittlich 16,9 g FM). In der Kontrollgruppe hatte ein Glas (K/96T/2) nur noch ein Gewicht von 95,2 Prozent gegenüber der Einwaage (Verlust von 85 g FM gegenüber der Einwaage). Außerdem gab es in der Kontrollgruppe einen Wert (K/3T/3), der nicht mit in die Auswertung genommen wurde (Einwaage < Rückwaage). Die Varianten mit dem chemischen Silierzusatzstoff (CS+BS) wiesen mit durchschnittlich 9,1 g (bezogen auf die FM) die geringsten Gewichtsverluste auf. Das Maximum innerhalb dieser Variante lag bei 13 g (CS+BS/48T/3) und das Minimum bei 6 g (CS+BS/6T/3) (bezogen auf die FM). Eine tabellarische Auflistung der Ein- und Rückwaagen, aufgeteilt nach Varianten, sind im Anhang in Tabelle 68 bis Tabelle 74 zu finden.

### 5.3 Analyseergebnisse der Weidelgrassilagen

#### 5.3.1 Gärqualität im Gärverlauf

Zur Bestimmung der Gärqualität im Gärverlauf werden der pH-Wert, die wasserlöslichen Kohlenhydrate sowie der  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt (Tabelle 75), die Gärsäuren (Tabelle 76) und Zucker (Tabelle 77) näher beschrieben.

Es wird im folgenden Abschnitt überwiegend auf den 48. und 96. Öffnungstag eingegangen, denn nach dieser Zeit wird in der Praxis von einer stabilen Silage im Silo ausgegangen.

#### 5.3.1.1 pH-Wert im Gärverlauf

Alle Silagen erreichten bereits nach 3 Siliertagen einen pH-Wert von unter 5.

Die beiden Varianten mit dem biologischen Silierzusatzstoff (BS) erreichten bereits nach drei Siliertagen einen pH-Wert von 4,1, wohingegen die Kontrollvariante und die Variante mit Mimosa (M) erst nach 24 Tagen einen pH-Wert von 4,2 hatten (siehe Tabelle 26).

**Tabelle 26: Mittlere pH-Werte und mittlere Gehalte der wasserlöslichen Kohlenhydrate (in % der TM) sowie des Ammoniakstickstoffgehaltes (NH<sub>3</sub>-N in % des Gesamt-N) der Weidelgrassilagen über die ausgewählte Öffnungstermine**

Silierdauer	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>pH-Wert</b>							
<b>3 Tagen</b>	4,6 <sup>±0,04</sup>	4,4 <sup>±0,22</sup>	4,1 <sup>±0,07</sup>	4,6 <sup>±0,03</sup>	4,5 <sup>±0,17</sup>	4,2 <sup>±0,06</sup>	4,6 <sup>±0,10</sup>
<b>96 Tagen</b>	4,1 <sup>±0,02</sup> c	4,0 <sup>±0,04</sup> ac	3,9 <sup>±0,04</sup> a	4,1 <sup>±0,07</sup> c	4,0 <sup>±0,04</sup> ac	3,9 <sup>±0,02</sup> ab	4,1 <sup>±0,05</sup> bc
<b>Wasserlösliche Kohlenhydrate</b>							
<b>48 Tagen</b>	57,8 <sup>±1,8</sup>	79,9 <sup>±9,6</sup>	54,2 <sup>±0,1</sup>	63,3 <sup>±2,0</sup>	74,3 <sup>±8,9</sup>	65,4 <sup>±3,0</sup>	70,5 <sup>±7,6</sup>
<b>96 Tagen</b>	50,7 <sup>±4,3</sup>	56,8 <sup>±5,1</sup>	51,7 <sup>±1,0</sup>	56,8 <sup>±2,8</sup>	75,9 <sup>±5,4</sup>	54,4 <sup>±1,3</sup>	65,3 <sup>±4,4</sup>
<b>NH<sub>3</sub>-N</b>							
<b>48 Tagen</b>	8,5 <sup>±0,2</sup>	7,1 <sup>±0,2</sup>	6,5 <sup>±0,2</sup>	6,6 <sup>±0,5</sup>	5,5 <sup>±0,6</sup>	5,5 <sup>±0,2</sup>	6,8 <sup>±0,1</sup>
<b>96 Tagen</b>	8,3 <sup>±0,3</sup>	6,5 <sup>±0,1</sup>	6,7 <sup>±0,6</sup>	7,2 <sup>±0,7</sup>	5,4 <sup>±0,5</sup>	6,1 <sup>±0,1</sup>	6,9 <sup>±0,3</sup>

abc: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
 CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

Die Kontrolle und die Variante mit Quebracho (Q) unterschieden sich signifikant von der Variante mit dem biologischen Silierzusatzstoff (BS) sowie von Quebracho in Kombination mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) nach 96 Siliertagen.

Der pH-Wert wurde durch den Einsatz der Silierzusatzstoffe beeinflusst ( $Pr > F: 0,0072$ ), wohingegen der Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte keinen Einfluss auf den pH-Wert hatte.

#### 5.3.1.2 Wasserlösliche Kohlenhydrate im Gärverlauf

Die mittleren Gehalte der wasserlöslichen Kohlenhydrate nach 48 und 96 Siliertagen sind in Tabelle 26 dargestellt.

Die Abnahme der Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate innerhalb einer Variante über die Öffnungszeiträume verlief unterschiedlich schnell. Nach 96 Tagen enthielt die Silage mit Quebracho und dem Kombinationsprodukt (Q+CS) den größten Anteil an wasserlöslichen Kohlenhydraten und die Kontrolle den niedrigsten.

Statistische Unterschiede zwischen den Varianten nach 96 Siliertagen waren durch die Effekte des Einsatzes der Silierzusatzstoffe ( $Pr > F: 0,0083$ ) sowie durch den Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten ( $Pr > F: 0,0025$ ) zu erklären. Der Kombinationseffekt hatte keinen Einfluss auf die Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate ( $Pr > F: 0,0626$ ). Der Unterschied zwischen den beiden eingesetzten Silierzusatzstoffen (Biologisch (BS) – Kombinationsprodukt (CS+ BS)) war signifikant (Adj. P: 0,0021).

#### 5.3.1.3 Ammoniakstickstoff

Der Ammoniakstickstoffgehalt ( $NH_3-N$ ) nahm bei allen Silagen 24 Stunden nach Silierbeginn zu (siehe Tabelle 75).

Der niedrigste, mittlere  $NH_3-N$ -Gehalt wurde bei der Kombination von Quebracho mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS) nach 96 Siliertagen ermittelt (siehe Tabelle 26).

Unterschiede zwischen den Varianten existierten durch den Einsatz der Silierzusatzstoffe ( $Pr > F: 0,0004$ ) und durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,0019$ ). Ein Effekt durch Kombination von Tanninen und Silierzusatzstoffen auf den  $NH_3-N$  konnte statistisch nicht festgestellt werden.

#### 5.3.1.4 Gärsäuren

Eine ausführliche Tabelle über die Gehalte der einzelnen Gärsäuren in den Silagen der einzelnen Varianten vom ersten bis zum 96ten Öffnungstag nach der Silierung befindet sich im Anhang Tabelle 76. Die Zuckergehalte befinden sich in Tabelle 77.

Im Folgenden wird nur auf die Ergebnisse nach 48 bzw. 96 Siliertagen eingegangen, da ab diesem Zeitpunkt von einer stabilen Silage ausgegangen werden kann.

#### Milchsäure

Der mittlere Milchsäuregehalt lag bei den Varianten mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS), mit dem biologischen Silierzusatzstoff (BS) sowie mit Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) bei  $11,0 \pm 0,50$ ,  $10,5 \pm 0,71$  und  $10,22 \pm 0,38$  % in der TM (siehe Tabelle 27).

Nach 96 Siliertagen haben die Silierzusatzstoffe ( $Pr > F: 0,0061$ ) sowie der Tannineinsatz ( $Pr > F: 0,023$ ) auf den Milchsäuregehalt in den Silagen einen signifikanten Einfluss. Der Kombinationseffekt zwischen Silierzusatzstoff und tanninhaltigem Pflanzenextrakt beeinflusste den Milchsäuregehalt in den Silagen nicht.

Statistische Unterschiede beim Milchsäuregehalt konnten zwischen der Variante mit Mimosa (M) gegenüber der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS) (M:CS; Adj. P: 0,0030)

sowie der Variante mit dem biologischen Silierzusatz (BS) (M:BS; Adj. P: 0,0201) festgestellt werden. Außerdem existierten Unterschiede zwischen der Variante mit dem Kombinationsprodukt und der Variante mit Quebracho (Adj. P: 0,0080).

### Essigsäure

Der Essigsäure-Gehalt nahm im Verlauf der Zeit zu (vergleiche im Anhang Tabelle 76). Der höchste Essigsäuregehalt nach 96 Siliertagen wurde in der Kontrolle erreicht (siehe Tabelle 27) und der niedrigste bei Zusatz des Kombinationsproduktes<sup>44</sup>.

Auf den Essigsäuregehalt hatte der Einsatz der Silierzusatzstoffe einen signifikanten Einfluss ( $\text{Pr} > \text{F} < 0,0001$ ). Der Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei der Silierung von Weidelgras sowie der Kombination aus Tanninen und Silierzusatzstoffen hatten keinen Einfluss auf den Essigsäuregehalt der einzelnen Siliervarianten.

**Tabelle 27: Angaben zu den mittleren Milchsäure- sowie Essigsäuregehalten in den Versuchssilagen (Jahr 2011) nach 48 bzw. 96 Siliertagen (in % der TM)**

Siliertage	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>Milchsäure</b>							
<b>48</b>	9,5 $\pm$ 0,26	9,6 $\pm$ 0,42	10,3 $\pm$ 0,23	7,4 $\pm$ 1,02	9,46 $\pm$ 0,72	8,99 $\pm$ 0,34	8,65 $\pm$ 0,37
<b>96</b>	9,5 $\pm$ 0,51 ac	11,0 $\pm$ 0,50 c	10,5 $\pm$ 0,71 bc	8,9 $\pm$ 0,44 ab	9,50 $\pm$ 0,48 ac	10,22 $\pm$ 0,38 ac	8,64 $\pm$ 0,18 a
<b>Essigsäure</b>							
<b>96</b>	2,82 $\pm$ 0,19 b	1,89 $\pm$ 0,17 a	2,33 $\pm$ 0,15 ab	2,58 $\pm$ 0,04 b	1,91 $\pm$ 0,17 a	2,39 $\pm$ 0,18 ab	2,56 $\pm$ 0,15 b

abc: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
 CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

### Iso-Buttersäure

Iso-Buttersäure (in % der TM) konnte in den Silagen nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise lag der Gehalt unter der Bestimmungsgrenze.

### n-Buttersäure

n-Buttersäure (in % der TM) konnte in den Silagen nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise lag der Gehalt unter der Bestimmungsgrenze.

### Isovaleriansäure

Isovaleriansäure (in % der TM) konnte in den Silagen durch die angewandte Analytik nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise lag der Gehalt unter der analytischen Bestimmungsgrenze.

<sup>44</sup> enthielt Ameisensäure (siehe Material und Methoden)



#### n-Valeriansäure

n-Valeriansäure (in % der TM) konnte in den Silagen nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise lag der Gehalt unter der analytischen Bestimmungsgrenze.

#### Propionsäure

Propionsäure (in % der TM) konnte in fünf Silagen nachgewiesen (0,02 und 0,08 % der TM) werden. In den anderen Silagen lag der Gehalt möglicherweise unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze.

#### 5.3.1.5 Zucker

Der Zuckerhalt der einzelnen Varianten nahm zu Beginn der ersten drei bis sechs Siliertage rapide ab. Auch bis zum 96. Siliertag war der Zuckerabbau in den Silagen der einzelnen Varianten nicht beendet. Ein Überblick über die Zuckergehalte der einzelnen Silagen und Wiederholungen ist im Anhang in Tabelle 77 dargestellt. Die Tabelle 28 zeigt die mittleren Gehalte nach ausgewählten Siliertagen.

**Tabelle 28: Mittlerer Zuckergehalt der Weidelgrassilagen nach ausgewählten Öffnungsterminen aller Versuchsvarianten (in g/kg TM)**

Zeit	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>1 Stunde</b>	154,3 <sup>±4,3</sup>	165,7 <sup>±5,7</sup>	160,5 <sup>±1,1</sup>	163,8 <sup>±5,4</sup>	166,6 <sup>±1,4</sup>	166,2 <sup>±2,7</sup>	168,1 <sup>±4,1</sup>
<b>3 Tagen</b>	38,3 <sup>±1,6</sup>	29,4 <sup>±24,3</sup>	13,4 <sup>±0,8</sup>	47,2 <sup>±2,3</sup>	56,6 <sup>±10,2</sup>	26,1 <sup>±0,7</sup>	50,1 <sup>±10,3</sup>
<b>12 Tagen</b>	22,7 <sup>±2,5</sup>	23,0 <sup>±6,5</sup>	0 <sup>±0</sup>	23,8 <sup>±1,9</sup>	29,1 <sup>±7,4</sup>	14,9 <sup>±2,3</sup>	37,7 <sup>±2,0</sup>
<b>24 Tagen</b>	3,8 <sup>±2,6</sup>	17,6 <sup>±2,3</sup>	0 <sup>±0</sup>	10,8 <sup>±4,8</sup>	30,0 <sup>±3,9</sup>	12,9 <sup>±4,0</sup>	20,1 <sup>±11,0</sup>
<b>96 Tagen</b>	0 <sup>±0</sup>	8 <sup>±5,70</sup>	0,4 <sup>±0,53</sup>	4 <sup>±3,05</sup>	22 <sup>±2,06</sup>	0,4 <sup>±0,40</sup>	10 <sup>±5,77</sup>
	a	a	a	a	b	a	a

ab: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
 CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

Die Auswertung der Zuckergehalte nach 96 Siliertagen ergab, dass sowohl der Zusatz der Silierzusatzstoffe ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0020$ ), der Zusatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0090$ ) als auch die Kombination aus beiden Zusätzen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0443$ ) einen Einfluss auf den Zuckergehalt nach 96 Siliertagen hatten.

#### 5.3.2 Futterqualität der Weidelgrassilagen

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, ob die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss auf die Futterqualität der Silagen haben, ob es einen möglichen Verdünnungseffekt durch den Einsatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf die Rohnährstoffe gibt und ob der Energiegehalt beeinflusst wird.

Zur Beurteilung der Futterqualität wurden neben den Rohnährstoffen auch die Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation ermittelt sowie der Hohenheimer Futterwerttest (HFT) durchgeführt.

In Tabelle 77 (Anhang) sind die einzelnen Werte der Rohnährstoffe und in Tabelle 78 (Anhang) die entsprechenden Werte für die Energiegehalte als Umsetzbare Energie sowie als Nettoenergie-Laktation und die Ergebnisse aus dem Hohenheimer Futterwerttest (HFT) der verschiedenen Siliervarianten aller Wiederholungen zu den einzelnen Öffnungsterminen dargestellt. Im folgenden Abschnitt des Ergebnisteils wird überwiegend auf die Öffnungstermine nach 48 und 96 Siliertagen eingegangen, da diese Daten für das Futtermittel Silage von Bedeutung sind.

#### 5.3.2.1 Rohnährstoffe

Nach 96 Siliertagen hatten die Weidelgrasssilagen im Mittel (über alle Varianten hinweg) eine TM von  $236,3^{+8,1}$  g/kg (vergleiche Tabelle 29). Auf den TM-Gehalt nach 96 Siliertagen hatten weder die Silierzusatzstoffe noch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss.

Die mittleren Rohnährstoffgehalte sowie die mittleren Gehalte der Faserfraktion nach 96 Siliertagen sind in Tabelle 29 dargestellt. Der Rohaschegehalt wurde durch den Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte signifikant beeinflusst ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0047$ ), wohingegen der Einsatz der Silierzusatzstoffe keine Wirkung auf den Rohaschegehalt hatte. Auch der Rohproteingehalt wurde durch den Zusatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte beeinflusst ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0031$ ). Ein signifikanter Unterschied konnte zwischen der Variante mit Mimosa und der Variante mit dem Kombinationsprodukt festgestellt werden ( $\text{Adj. P}: 0,0257$ ).

Der Rohfasergehalt der einzelnen Varianten unterschied sich nicht, hingegen traten beim Rohfettgehalt Unterschiede zwischen den tanninfreien und tanninhaltigen Varianten auf ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0388$ ).

Der Zuckergehalt wurde durch den Einsatz der Silierzusatzstoffe ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0020$ ), den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0090$ ) und durch den Kombinationseffekt aus Silierzusatzstoffen und Tanninen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0443$ ) beeinflusst (vergleiche Tabelle 29).

Bei den Faserfraktionen aNDFom ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0023$ ) und Säure-Detergenzien-Lignin (ADL) ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0041$ ) unterschieden sich alle tanninhaltigen Varianten von der Variante mit dem Kombinationsmittel. (Eine Ausnahme bezüglich ADL bildete die Variante mit Mimosa (M), die sich nicht von der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) unterschied.) Bei der Faserfraktion ADFom ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0220$ ) konnte hingegen ausschließlich bei der Variante mit

dem Kombinationsmittel (CS+BS) und der Variante mit Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) ein Unterschied festgestellt werden.

**Tabelle 29: Mittlerer Rohnährstoff- und Zuckergehalt sowie Angaben zu den Faserfraktionen der Weidelgrassilagen nach 96 Siliertagen über alle Siliervarianten (Versuchsjahr 2011) (n=3)**

	Einheit	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>TM</b>	g/kg	235 <sup>±3</sup> ab	232 <sup>±3</sup> ab	227 <sup>±7</sup> a	236 <sup>±1</sup> ab	247 <sup>±10</sup> b	239 <sup>±7</sup> ab	237 <sup>±3</sup> ab
<b>Rohasche</b>	g/kg TM	128 <sup>±1</sup> a	127 <sup>±2</sup> a	125 <sup>±2</sup> a	126 <sup>±3</sup> a	122 <sup>±1</sup> a	123 <sup>±3</sup> a	121 <sup>±2</sup> a
<b>Rohprotein</b>	g/kg TM	193 <sup>±2</sup> ab	195 <sup>±1</sup> b	193 <sup>±2</sup> ab	187 <sup>±4</sup> ab	190 <sup>±2</sup> ab	186 <sup>±3</sup> ab	184 <sup>±4</sup> a
<b>Rohfaser</b>	g/kg TM	216 <sup>±1</sup> a	210 <sup>±3</sup> a	216 <sup>±6</sup> a	213 <sup>±3</sup> a	216 <sup>±2</sup> a	214 <sup>±3</sup> a	213 <sup>±3</sup> a
<b>Rohfett</b>	g/kg TM	46 <sup>±1</sup> a	46 <sup>±0</sup> a	45 <sup>±1</sup> a	46 <sup>±1</sup> a	45 <sup>±1</sup> a	45 <sup>±1</sup> a	44 <sup>±1</sup> a
<b>Zucker</b>	g/kg TM	0 <sup>±0</sup> a	8 <sup>±6</sup> a	0,4 <sup>±1</sup> a	4 <sup>±3</sup> a	22 <sup>±2</sup> b	0,4 <sup>±0</sup> a	10 <sup>±6</sup> a
<b>aNDFom</b>	g/kg TM	348 <sup>±11</sup> ab	330 <sup>±6</sup> a	347 <sup>±4</sup> ab	371 <sup>±21</sup> b	370 <sup>±5</sup> b	387 <sup>±8</sup> b	371 <sup>±6</sup> b
<b>ADFom</b>	g/kg TM	206 <sup>±2</sup> ab	200 <sup>±5</sup> a	210 <sup>±5</sup> ab	213 <sup>±10</sup> ab	218 <sup>±7</sup> ab	222 <sup>±2</sup> b	218 <sup>±4</sup> ab
<b>ADL</b>	g/kg TM	13,0 <sup>±0,4</sup> ab	9,6 <sup>±1,1</sup> a	12,1 <sup>±0,7</sup> ab	14,6 <sup>±2,1</sup> b	14,3 <sup>±1,7</sup> b	14,9 <sup>±0,8</sup> b	15,1 <sup>±0,6</sup> a

ab: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

Wertet man den Rohaschegehalt mit dem Tukey-Test aus, ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Varianten, wird jedoch der t-Test angewandt, unterschieden sich die tanninfreie Variante mit dem biologischen Siliermittel (BS) von Quebracho kombiniert mit dem biologischen Siliermittel (Q+BS) (0,0403) sowie von Quebracho kombiniert mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS) (0,0031). Außerdem konnten mit dem t-Test Unterschiede zwischen der Kontrolle und Quebracho mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS) (0,0440) festgestellt werden.

### 5.3.2.2 Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation

In Tabelle 30 ist zu erkennen, dass sich sowohl bei der Umsetzbaren Energie als auch bei der Nettoenergie-Laktation die Variante mit Mimosa (M) und die Variante Quebracho in Kombination mit dem biologischen Silierzusatz (Q+BS) signifikant von der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) unterschieden (Tukey-Test).

### 5.3.2.3 Hohenheimer Futterwerttest

In der Tabelle 30 sind die Mittelwerte des Hohenheimer-Futterwerttests und in Tabelle 78 (Anhang) die Einzelergebnisse aller Öffnungszeiträume sowie aller Wiederholungen der einzelnen Varianten dargestellt. Von der ersten Silierstunde bis zum letzten Öffnungstermin nach 96 Tagen waren innerhalb einer Variante geringere Unterschiede verglichen mit den Schwankungen eines Öffnungstages zwischen den Varianten festzustellen.

Nach einer Silierdauer von 48 und 96 Tagen ergaben sich bei zwei-faktorieller Auswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten. Wertet man die Ergebnisse ein-faktoriell aus und es fließen nur die Daten nach 96 Siliertagen in die Auswertung, kann ein signifikanter Unterschied zwischen der Variante Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) und dem Kombinationsprodukt (CS) (Adj. P: 0,0126) sowie Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) und Quebracho kombiniert mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS) (Adj. P: 0,0494) festgestellt werden. Zwischen allen anderen Varianten existierte kein signifikanter Unterschied.

**Tabelle 30: Angaben zu den Energiegehalten der Grassilagen (Umsetzbare Energie (MJ ME/kg TM) sowie Nettoenergie-Laktation (MJ NEL/kg TM)) und Angaben zu den Ergebnissen des Hohenheimer-Futterwerttests (HFT (ml/200 mg)) nach 48 bzw. 96 Siliertagen (d)**

Zeit in Tagen (d)	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>Umsetzbare Energie (MJ ME/kg TM)</b>							
48 d	11,0 <sup>±0,01</sup>	11,1 <sup>±0,03</sup>	11,0 <sup>±0,04</sup>	10,9 <sup>±0,18</sup>	10,7 <sup>±0,12</sup>	10,7 <sup>±0,05</sup>	10,8 <sup>±0,10</sup>
96 d	11,1 <sup>±0,06</sup>	11,3 <sup>±0,11</sup>	11,1 <sup>±0,10</sup>	10,9 <sup>±0,21</sup>	11,0 <sup>±0,14</sup>	10,7 <sup>±0,10</sup>	10,9 <sup>±0,02</sup>
Tukey-Test	ab	b	ab	ab	ab	a	a
<b>Nettoenergie-Laktation (MJ NEL/kg TM)</b>							
48 d	6,7 <sup>±0,07</sup>	6,7 <sup>±0,21</sup>	6,7 <sup>±0,04</sup>	6,6 <sup>±0,14</sup>	6,5 <sup>±0,09</sup>	6,5 <sup>±0,04</sup>	6,5 <sup>±0,08</sup>
96 d	6,8 <sup>±0,04</sup>	6,9 <sup>±0,08</sup>	6,8 <sup>±0,08</sup>	6,6 <sup>±0,01</sup>	6,7 <sup>±0,10</sup>	6,5 <sup>±0,07</sup>	6,6 <sup>±0,01</sup>
Tukey-Test	ab	b	ab	ab	ab	a	a
<b>Hohenheimer-Futterwerttest (HFT (ml/200mg))</b>							
48 d	45,8 <sup>±0,7 a</sup>	47,1 <sup>±0,3 a</sup>	46,8 <sup>±1,0 a</sup>	45,7 <sup>±1,5 a</sup>	44,8 <sup>±1,7 a</sup>	44,3 <sup>±0,6 a</sup>	45,5 <sup>±0,7 a</sup>
96 d	46,7 <sup>±0,3 a</sup>	48,1 <sup>±0,9 a</sup>	47,3 <sup>±1,1 a</sup>	45,5 <sup>±1,5 a</sup>	47,4 <sup>±0,6 a</sup>	44,3 <sup>±1,0 a</sup>	45,6 <sup>±0,2 a</sup>

ab: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test, zwei-faktorielle Auswertung

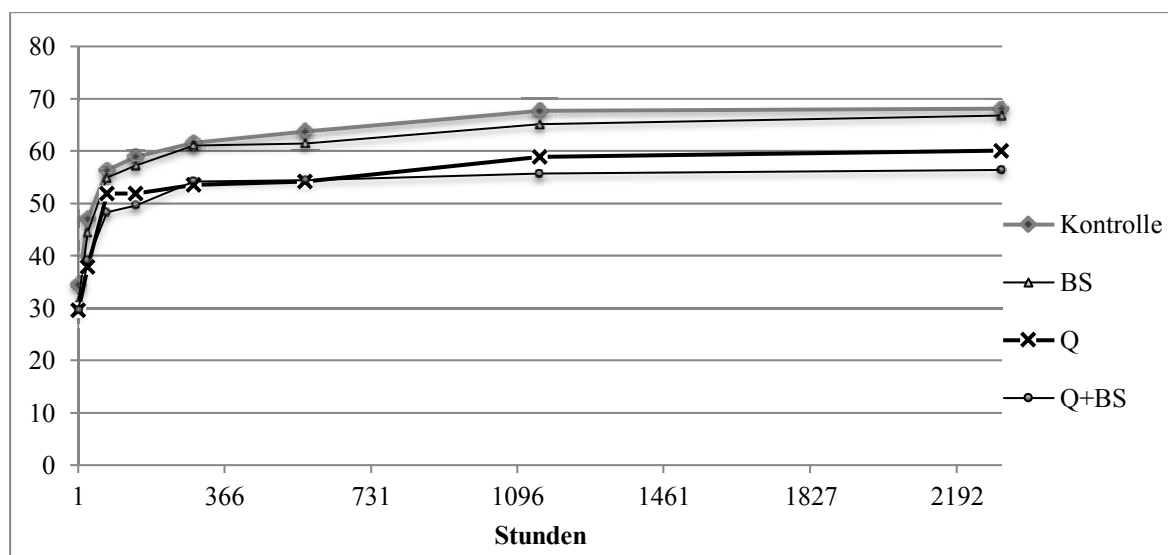
CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

### 5.3.3 Proteinqualität im Verlauf der Gärung

Die Proteinqualität setzt sich aus der Proteinlöslichkeit, dem Anteil an pansenstabilem Protein und den einzelnen Rohproteinfraktionen zusammen. Außerdem ist der NH<sub>3</sub>-N-Gehalt eine Kenngröße für diesen Parameter, der bereits im Unterkapitel 5.3.1.3 beschrieben wurde. Im Folgenden sollen die Ergebnisse aus den Silierversuchen aus dem Jahr 2011 vorgestellt werden und den Fragen nachgegangen werden, ob die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen positiven Einfluss auf die Proteinqualität (vor allem der Rohproteinzusammensetzung) haben sowie wann und im welchen Umfang die Proteolyse beeinflusst wird. Eine Übersicht über die Gehalte zu den Parametern der Proteinqualität, wie im Abschnitt Material und Methoden beschrieben, der einzelnen Siliervarianten zu den Öffnungsterminen sowie aller Wiederholungen befindet sich im Anhang Tabelle 79. In den Auswertungen in den folgenden Unterkapiteln wird nicht auf alle Öffnungstermine eingegangen.

### 5.3.3.1 Proteinlöslichkeit

Die Proteinlöslichkeit konnte durch die Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten (Quebracho und Mimosa) gegenüber den tanninfreien Varianten reduziert werden. Im zeitlichen Verlauf (Abbildung 19) ist zu erkennen, dass die Proteinlöslichkeit in den ersten Siliertagen stark zunimmt. Nach 48 Siliertagen war die Zunahme der Proteinlöslichkeit bei allen Varianten deutlich reduziert.



**Abbildung 19: Proteinlöslichkeit im zeitlichen Verlauf über die Öffnungszeitpunkte (in Stunden) für die Versuchsvarianten Kontrolle, Zusatz des biologischen Siliermittels (BS), Quebracho (Q) und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Siliermittel (Q+BS)**

Durch eine Zulage von Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) vor dem Silierprozess konnte die niedrigste Proteinlöslichkeit nach 96 Siliertagen erzielt werden.

Die Variante mit Mimosa (M) und die Variante mit Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatz (Q+ BS) unterschieden sich signifikant von den drei tanninfreien Varianten (Kontrolle, Kombinationsprodukt (CS+BS) und dem biologischen Silierzusatz (BS)) nach 96 Siliertagen.

Im zeitlichen Verlauf der Proteinlöslichkeit der einzelnen Siliervarianten über die verschiedenen Öffnungstage war zu erkennen, dass die Proteinlöslichkeit innerhalb der ersten drei Tage stark zunahm und bis zum Ende des Betrachtungszeitraums (nach 96 Siliertagen) nicht beendet war. Die Geschwindigkeit war jedoch mit zunehmender Silierdauer deutlich geringer (Tabelle 31).

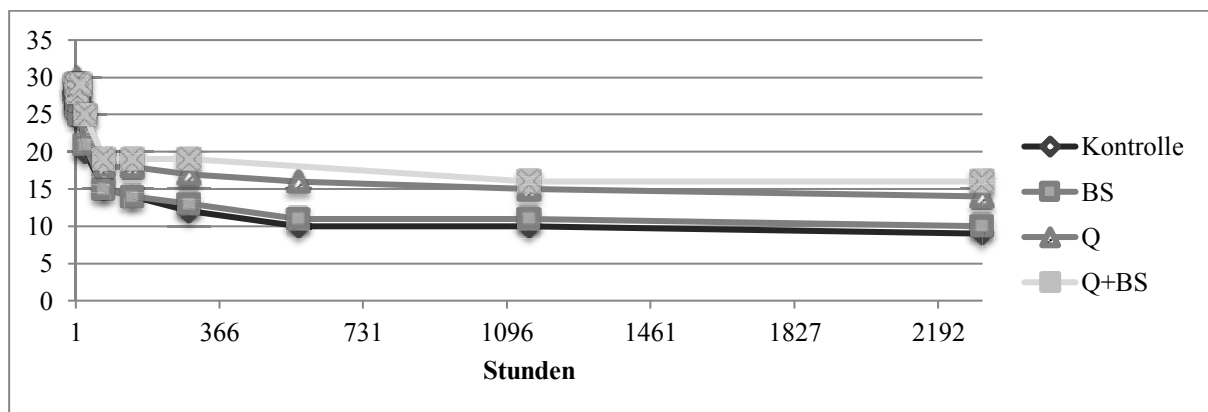
**Tabelle 31: Durchschnittliche Proteinlöslichkeit und UDP5-Gehalte (in % des RP) im Gärverlauf nach 96 Siliertagen der Versuchssilagen sowie der Kontrolle (n=3) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003)**

	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>Proteinlöslichkeit (in % des Rohproteins)</b>							
	68,1 $\pm$ 1,49 c	68,1 $\pm$ 1,01 c	66,8 $\pm$ 0,37 bc	60,1 $\pm$ 4,60 ab	60,1 $\pm$ 0,58 ab	56,4 $\pm$ 2,81 a	59,1 $\pm$ 1,01 a
<b>UDP5-Gehalte (in % des Rohproteins)</b>							
	9 <sup>ab</sup>	8 <sup>a</sup>	10 <sup>abc</sup>	14 <sup>cd</sup>	13 <sup>bd</sup>	16 <sup>d</sup>	15 <sup>d</sup>

abcd: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

### 5.3.3.2 Pansenstabiles Protein (UDP)

Die höchste Abnahme des UDP5-Gehaltes<sup>45</sup> fand bis zum dritten Siliertag statt. Danach reduzierte sich der Abbau, war jedoch bis zum 96 Siliertag nicht beendet (vergleiche Abbildung 20).



**Abbildung 20: Pansenstabiles Protein (UDP5) im zeitlichen Verlauf über die Öffnungszeitpunkte (in Stunden) der Kontrolle sowie der Variante mit dem biologischen Siliermittel (BS), Quebracho (Q), und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Siliermittel (Q+BS)**

Nach 96 Siliertagen unterschieden sich bezüglich des UDP5-Gehaltes nach 96 Siliertagen die Variante mit Mimosa (M) sowie Quebracho und dem biologischen Siliermittel (Q+BS) von der Kontrolle (K) und der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) (Tabelle 31).

Werden die Varianten in Kombination mit allen Terminen als Class bei SAS getestet (zweifaktorielle Betrachtung), lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Prüffaktoren (Variante und Termin) feststellen. Der UDP5-Gehalt hängt somit vom Öffnungstermin und der Variante ab, allerdings nicht, wenn lediglich der 48. und 96. Öffnungstag in die Betrachtung genommen werden, dann hat nur die Variante einen

<sup>45</sup> Drei verschiedene Passageraten (2 %/h, 5 %/h, 8 %/h) des UDP-Gehaltes aus dem Pansen können berechnet werden (SHANNAK et al., 2000)

signifikanten Einfluss (Variante:  $p: < 0,0001$  und Variante \* Termin:  $p: 0,7649$ ) und die Ergebnisse beiden Öffnungstage werden gemittelt (Tabelle 32). In Tabelle 32 ist zu erkennen, dass Unterschiede zwischen den tanninhaltigen und den tanninfreien Varianten bei Zusammenfassung der Ergebnisse am 48. und 96. Öffnungstag festzustellen sind.

**Tabelle 32: Angaben zum UDP5-Gehalt (in % des RP) aus den gemittelten Werten des 48. und 96. Öffnungstages ( $\alpha < 0,05$ )**

Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
9,7 <sup>ab</sup>	8,8 <sup>a</sup>	10,6 <sup>b</sup>	14,4 <sup>c</sup>	14,6 <sup>c</sup>	16,1 <sup>c</sup>	15,6 <sup>c</sup>

abc: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
 CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

#### 5.3.3.3 Fasergebundenes Protein

Die tanninhaltigen Varianten hatten gegenüber den tanninfreien Varianten einen höheren Anteil an fasergebundenen Proteinen (PNDF) (siehe Tabelle 33). Nach der statistischen Auswertung mit dem t-Test unterschieden sich die tanninfreien Varianten (Kontrolle, biologischer Silierzusatz (BS) und Kombinationsprodukt (CS)) sowie die Variante Quebracho plus Kombinationsprodukt (Q+CS+BS) signifikant von der Variante Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS). Wenn der strengere Tukey-Test herangezogen wird, können keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden.

**Tabelle 33: Anteile des fasergebundenen Proteins (PNDF) der Grassilagen nach 96 Siliertagen aller Varianten (t-Test)**

Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
385 <sup>±2 a</sup>	378 <sup>±6 a</sup>	387 <sup>±4 a</sup>	395 <sup>±16 ab</sup>	387 <sup>±9 a</sup>	407 <sup>±8 b</sup>	393 <sup>±9 ab</sup>

ab: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), t-Test  
 CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

#### 5.3.3.4 Rohproteinfraktionen (Cornell Net Carbohydrate and Protein System)

Mit Hilfe der Rohproteinfraktionierung<sup>46</sup> nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System kann der zeitliche Verlauf der Proteolyse sowie die Beeinflussung der Proteolyse durch tanninhaltige Pflanzenextrakte dargestellt werden.

Der prozentuale Anstieg der Proteinfraktion A (enthält NPN) war in den ersten sechs Stunden der Silierung langsam. Zwischen der zwölften Stunde und dem dritten Tag erreichte die prozentuale Zunahme ihren Höhepunkt (vergleiche Tabelle 34), war jedoch bis zum 96. Siliertag nicht beendet. Bis zum 96. Siliertag fand ein prozentualer Mengenanstieg der

<sup>46</sup> Rohproteinfraktionen: A: Sofort abbaubar zu  $\text{NH}_3$ ; B1: Schnell abbaubar zu  $\text{NH}_3$ ; B2: Potentiell vollständig abbaubar; B3: Langsamer Abbau, nicht unbedingt vollständiger Abbau; C: Unverdaulich (Im Pansen und im Dünndarm nicht verfügbar)

Rohproteinfraktion A zwischen 43 % (biologischer Silierzusatzstoff (BS)) und 50 % (Quebracho und Kombinationspräparat (Q+CS+BS)) statt. Die Varianten mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten (Quebracho oder Mimosa) verglichen mit den Varianten ohne Tanninzusatz (unabhängig vom Silierzusatzstoffeinsatz) hatten über den gesamten Messzeitraum einen prozentual geringen Anteil der Fraktion A gemessen am Rohprotein. Die tanninhaltige Variante mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) sowie die Variante mit Mimosa (M) hatten nach 96 Siliertagen einen signifikant geringeren Anteil der Fraktion A gegenüber der Kontrolle und dem Kombinationsprodukt (CS+BS) (vergleiche Tabelle 34). Die Variante mit Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) unterschied sich bei fast allen untersuchten Öffnungsterminen (Ausnahme nach 3 und 6 Siliertagen) von der Kontrolle und der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) signifikant.

**Tabelle 34: Vergleich der Rohproteinfraktion A-Gehalte (in % des RP) der Siliervarianten über ausgewählte Öffnungszeitpunkte kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System**

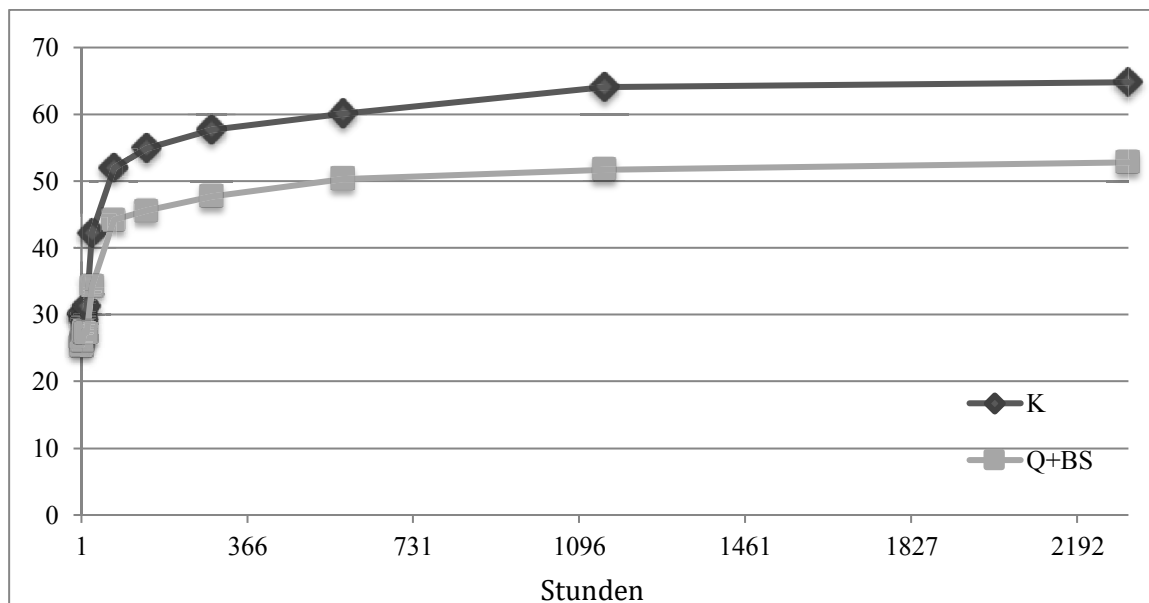
Zeit	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>1 h</b>	30,1 $\pm$ 0,6 c	31,1 $\pm$ 0,3 c	27,3 $\pm$ 0,8 ab	25,4 $\pm$ 0,1 a	28,9 $\pm$ 0,6 bc	25,4 $\pm$ 0,2 a	25,6 $\pm$ 0,5 a
<b>3 h</b>	30,3 $\pm$ 1,2 bc	34,3 $\pm$ 1,8 c	30,4 $\pm$ 1,9 bc	25,3 $\pm$ 0,4 a	28,2 $\pm$ 0,3 ab	26,1 $\pm$ 0,8 ab	27,4 $\pm$ 0,4 ab
<b>6 h</b>	29,3 $\pm$ 0,8 ab	33,2 $\pm$ 0,0 c	29,1 $\pm$ 0,9 ab	26,5 $\pm$ 0,5 a	30,8 $\pm$ 1,2 bc	27,5 $\pm$ 0,4 ab	27,5 $\pm$ 0,9 ab
<b>12 h</b>	31,3 $\pm$ 0,4 bc	38,5 $\pm$ 0,4 d	32,1 $\pm$ 0,6 c	28,2 $\pm$ 0,5 a	29,9 $\pm$ 1,5 ac	27,3 $\pm$ 0,5 a	28,5 $\pm$ 3,0 ab
<b>3 d</b>	52,0 $\pm$ 1,4 bc	54,1 $\pm$ 3,0 c	51,4 $\pm$ 2,1 ac	45,2 $\pm$ 1,1 ab	47,8 $\pm$ 1,6 ac	44,2 $\pm$ 1,0 a	45,2 $\pm$ 1,0 ab
<b>48 d</b>	64,1 $\pm$ 1,7 c	63,9 $\pm$ 1,8 c	61,8 $\pm$ 0,9 bc	54,7 $\pm$ 3,7 ab	53,3 $\pm$ 2,5 ab	51,7 $\pm$ 1,5 a	53,7 $\pm$ 0,7 ab
<b>96 d</b>	64,8 $\pm$ 1,4 c	65,0 $\pm$ 1,0 c	63,6 $\pm$ 0,5 bc	56,3 $\pm$ 4,5 ac	56,7 $\pm$ 0,5 ac	52,8 $\pm$ 2,8 a	55,0 $\pm$ 1,1 ab

abcd: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe beschreiben statistisch signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ), Tukey-Test

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

Im Vergleich der zeitlichen Verläufe der Gehalte der Rohproteinfraktion A der Kontrolle (K) und der Variante mit Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) ist zu erkennen, dass der Anteil der Rohproteinfraktion A bei der Kontrolle über den betrachteten Zeitraum höher war (siehe Abbildung 21).





**Abbildung 21: Verlauf des Fraktion A-Gehaltes (in % des RP) von der Kontrolle (K) sowie der Variante mit Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System**

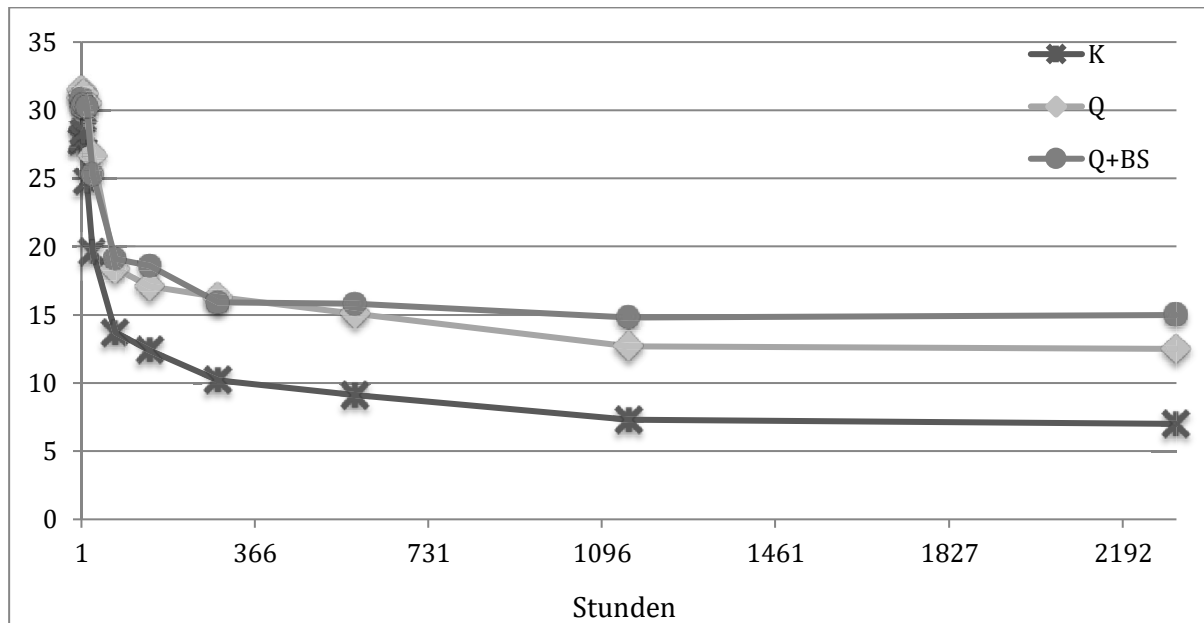
In der Rohproteinfraktion B1 konnten nur Veränderungen bezogen auf die Anfangsgehalte in den Silagen festgestellt werden. Zu Beginn der Silierung lag der Gehalt der Rohproteinfraktion B1 in den Silagen bei 4,2 % des RP (Streuung von 4 bis 4,4 % des RP) und nach 96 Siliertagen waren noch durchschnittlich 3,5 % der Rohproteinfraktion B1 (bezogen auf das RP) in den Silagen enthalten. Die Streuung war nach 96 Siliertagen höher (zwischen 3,1 und 4,0 % des RP) als zu Beginn der Silierung (Messbeginn). In den ersten zwölf Stunden des Silierprozesses war teilweise ein deutlicher Anstieg dieser Fraktion messbar. So stieg der durchschnittliche Gehalt der Fraktion B1 in der Kontrolle von 4,3 auf 6,2 % des RP nach 12 Stunden an. Nach einer Silierdauer von 24 Stunden konnten in der Kontrolle von der B1-Fraktion noch 4,7 % bezogen auf das RP nachgewiesen werden.

Nach 96 Tagen lagen die Gehalte der Fraktion B1 in den Silagen bei den Varianten ohne Tannine durchschnittlich bei 3,2 % des RP und bei den Varianten mit Tanninen durchschnittlich bei 3,8 % des RP. Unterschiede in der Fraktion B1 ( $P < 0,05$ ) nach 96 Siliertagen konnten nur zwischen den Varianten mit Mimosa und dem biologischen Silierzusatzstoff wie auch zwischen Mimosa und der Variante mit dem Kombinationsprodukt ermittelt werden.

Bei der Rohproteinfraktion B2 existierten signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und der Variante mit Quebracho und dem biologischen Siliermittel (Q+BS) (Adj.  $P$ : 0,0010). Die Silagen, denen ein Tanninpräparat zugesetzt wurde, enthielten nach 96 Siliertagen noch durchschnittlich  $71^{\pm 1,07}$  % der Rohproteinfraktion B2 gegenüber der Ausgangsmenge in den

Silagen. Ohne einen Zusatz von Tanninen waren nach 96 Siliertagen noch  $65,9^{\pm 1,23}$  % Rohproteinfraktion B2 (des RP) der Ausgangsmenge (vor dem Silieren) in den Silagen enthalten.

Die prozentualen Anteile der Rohproteinfraktion B3 der ersten Stunde sowie nach 96 Siliertagen sind in der Tabelle 35 dargestellt. Auffällig an den Daten über den gesamten Silierzeitraum ist (vergleiche Tabelle 79), dass die Gehalte direkt nach Beginn der Silierung leicht abnahmen, aber in den meisten Varianten (Ausnahme Variante mit Mimosa-Tannin) nach drei bis sechs Stunden geringfügig zunahmen und anschließend eine deutliche Abnahme stattfand (siehe Abbildung 22). Nach 96 Siliertagen unterschieden sich die tanninfreien Varianten signifikant von den Varianten mit Quebracho mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS), Quebracho in Kombination mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) sowie Mimosa (M), wenn der weniger strenge T-Test zugrunde gelegt wird.



**Abbildung 22: Verlauf der Rohproteinfraktion B3 (in % des RP) über den Zeitraum von 96 Siliertagen der Kontrolle (K) sowie der Varianten Quebracho (Q) und Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System**

In Tabelle 35 wurde der Tukey-Test zur Ermittlung der Signifikanz genutzt und es konnten signifikante Unterschiede zwischen den tanninhaltigen Varianten und der Kontrolle sowie bei Einsatz des Kombinationsproduktes festgestellt werden.

**Tabelle 35: Prozentuale Gehalte der Proteinfraction B3 (in % des RP) nach einer Silierstunde und nach 96 Siliertagen kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System**

	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>1 h</b>	27,7 $\pm$ 0,5	27,5 $\pm$ 0,5	28,7 $\pm$ 0,7	31,5 $\pm$ 0,3	28,8 $\pm$ 0,4	30,8 $\pm$ 0,2	30,6 $\pm$ 0,4
<b>96 d</b>	7,0 $\pm$ 1,0 a	7,0 $\pm$ 0,6 a	7,3 $\pm$ 0,4 ab	12,5 $\pm$ 3,1 bc	12,6 $\pm$ 0,4 bc	15,0 $\pm$ 2,0 c	13,0 $\pm$ 1,2 c

abc: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe beschreiben statistisch signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ), Tukey-Test

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus Biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

Auffällig bei der Proteinfraction C nach 96 Siliertagen waren die beiden Varianten mit dem Kombinationsprodukt mit (Q+CS+BS) (2,0 % des RP) und ohne (2,4 % des RP) tanninhaltigem Pflanzenextrakt (CS+BS), da die prozentuale Menge, die noch in den Silagen enthalten war, verglichen mit den anderen Varianten (Mittelwert der anderen Varianten: 3,32 % des RP) deutlich geringer ausfiel. Signifikant verschieden waren die Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) gegenüber allen vier tanninhaltigen Varianten (Q, Q+BS, Q+CS+BS und M). Außerdem unterschieden sich die Variante mit dem biologischen Silierzusatz (BS) und die Kontrolle von Quebracho kombiniert mit dem biologischen Silierzusatz (Q+BS) sowie Mimosa (M).

In den ersten Stunden des Siliervorgangs war eine leichte Zunahme der C-Fraktion in den Silagen messbar, mit Ausnahme der Variante mit Mimosa (M), dem biologischen Silierzusatzstoff (BS) sowie Quebracho kombiniert mit dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS), jedoch begann nach spätestens 12 Stunden bei allen Varianten die Reduzierung des prozentualen Anteils der Proteinfraction C am Rohprotein. Das Maximum der Reduzierung war nach drei Tagen erreicht, aber bis zum 96. Siliertag nicht beendet (vergleiche dazu Tabelle 79 im Anhang).

Bei Betrachtung der Rohproteinfractionen des 48. und 96. Öffnungstages war nur der Einfluss der Variante signifikant, weshalb terminübergreifend ausgewertet wurde. Bei den Rohproteinfractionen A, B2 und B3 unterschieden sich die tanninhaltigen Varianten signifikant von den tanninfreien Varianten und der Kontrolle. Bei den Rohproteinfractionen B1 und C waren diese Unterschiede nicht feststellbar.

**Tabelle 36: Rohproteinfraktionen (gemittelte Werte des 48. und 96. Öffnungstags) der Weidelgrassilagen (Versuchsjahr 2011) kalkuliert auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein System**

RP-Frak-tionen	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>A</b>	64,4 <sup>b</sup>	64,5 <sup>b</sup>	62,7 <sup>b</sup>	55,5 <sup>a</sup>	52,0 <sup>a</sup>	55,2 <sup>a</sup>	54,4 <sup>a</sup>
<b>B1</b>	3,4 <sup>ab</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	4,0 <sup>de</sup>	3,6 <sup>bc</sup>	3,9 <sup>cd</sup>	4,2 <sup>e</sup>
<b>B2</b>	22,0 <sup>a</sup>	22,5 <sup>ab</sup>	23,4 <sup>b</sup>	24,5 <sup>c</sup>	24,5 <sup>c</sup>	25,6 <sup>d</sup>	24,7 <sup>cd</sup>
<b>B3</b>	7,2 <sup>a</sup>	7,4 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	12,6 <sup>b</sup>	13,7 <sup>b</sup>	14,9 <sup>b</sup>	13,2 <sup>b</sup>
<b>C</b>	2,9 <sup>b</sup>	2,4 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	3,4 <sup>bc</sup>	3,5 <sup>c</sup>	3,6 <sup>c</sup>

abcde: Unterschiedliche Buchstaben je Zeile beschreiben statistisch signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ )

CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

#### 5.3.3.5 Zusammenfassung der Proteinqualität

Einen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsvarianten bezüglich des Rohproteingehaltes konnte nach 96 Siliertagen nur zwischen der Variante mit dem Kombinationsprodukt (CS+BS) und der Variante mit dem tanninhaltigen Pflanzenextrakt Mimosa (M) festgestellt werden. Ein Verdünnungseffekt der Tannine auf den Rohproteingehalt konnte in diesen Versuchen nicht nachgewiesen werden.

Durch den Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte konnte die Proteinlöslichkeit gegenüber tanninfreien Varianten reduziert werden. Lediglich die Variante mit dem biologischen Silierzusatz (BS) unterschied sich nicht von der Variante mit Quebracho (Q) sowie Quebracho und dem Kombinationsprodukt (Q+CS+BS).

Der prozentuale Anteil des pansenstabilen Proteins (UDP) am Rohprotein wurde in diesen Versuchen durch den Zusatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte Mimosa (M) und Quebracho (Q) gegenüber den tanninfreien Varianten signifikant erhöht.

Nicht alle Rohproteinfraktionen werden im gleichen Umfang von den tanninhaltigen Pflanzenextrakten beeinflusst. Einen reduzierenden Einfluss hatten die tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Rohproteinfraktion A und im gleichen Maße wurden der prozentualen Gehalte der Rohproteinfraktionen B2 sowie B3 erhöht. Gemessen an dem prozentualen Gehalt existierten nur geringe Einflüsse auf die Fraktionen B1 sowie C.

Die genannten Ergebnisse dieses Silierversuchs (mit Weidelgras) zeigten, dass ein Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Proteolyse existierte. Die Wirkung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte zeigt sich zu dem Zeitpunkt, an dem die Proteolyse ihren Höhepunkt (bis zum dritten Siliertag) hat. Auf weitere Aspekte wird in der Diskussion eingegangen.

### 5.3.4 Nutzbares Rohprotein am Duodenum und Ruminale N-Bilanz

Ist das Rohprotein, durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte vor dem mikrobiellen Abbau im Pansen geschützt, aber vergleichbar mit einer tanninfreien Variante im Duodenum verfügbar? Hat der Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss auf die ruminale N-Bilanz (RNB) und somit auf die N-Versorgung von Wiederkäuern?

Die statistische Auswertung der Silagen, die 96 Tage siliert wurden, zeigte, dass zwischen den einzelnen Siliervarianten keine Unterschiede bezüglich des nutzbaren Rohproteins am Duodenum (nRP) festgestellt werden konnten (siehe Tabelle 37).

**Tabelle 37: Nutzbares Rohprotein am Duodenum (nRP in g/kg TM) der Grassilagen nach 96 Siliertagen**

	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>96 d</b>	143,7 $\pm$ 1,18 a	144,6 $\pm$ 0,60 a	144,5 $\pm$ 1,52 a	146,6 $\pm$ 0,68 a	147,3 $\pm$ 0,86 a	147,0 $\pm$ 1,48 a	146,7 $\pm$ 0,70 a

a: Gleiche Buchstaben in einer Zeile stehen für keine signifikanten Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

In der Tabelle 38 sind die ermittelten Werte der RNB nach 48 und 96 Siliertage abzulesen. Die Standardabweichungen der einzelnen Varianten um den Mittelwert sind gering. Nach 96 Siliertagen schwankte die RNB (in g/kg TM) zwischen den Varianten im Mittel zwischen 6,0 und 8,0 g/kg TM und nach bereits 48 Siliertagen zwischen 4,7 und 7,1 g/kg TM. Die Silagen mit Tanninzulage wiesen geringere Werte (g/kg TM) in der RNB auf. Die Variante mit Mimosa (M) unterschied sich signifikant von den Varianten ohne tanninhaltige Pflanzenextrakte. Außerdem existierten Unterschiede in der ruminalen N-Bilanz zwischen der Variante mit Quebracho in Kombination mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) und der Kontrolle sowie dem Kombinationsprodukt (CS+BS).

**Tabelle 38: Ruminale B-Bilanz (in g/kg TM) nach 48 und 96 Siliertagen**

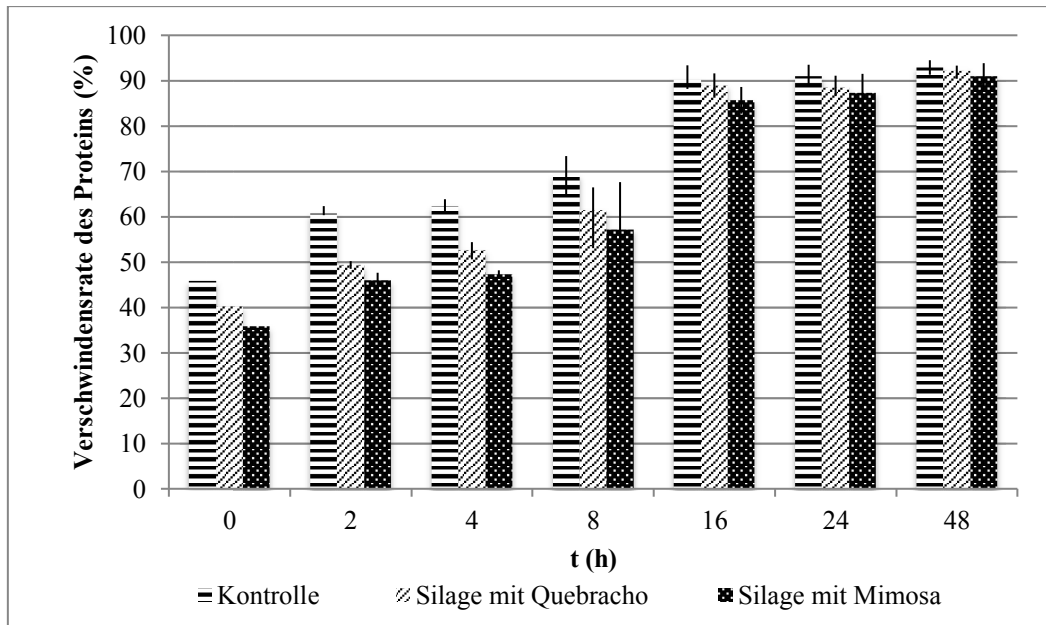
	Kontrolle	CS+BS	BS	Q	Q+CS+BS	Q+BS	M
<b>48 d</b>	7,0 $\pm$ 0,38	7,1 $\pm$ 0,54	6,8 $\pm$ 0,62	5,6 $\pm$ 0,55	5,0 $\pm$ 0,39	5,5 $\pm$ 0,33	4,7 $\pm$ 0,64
<b>96 d</b>	7,9 $\pm$ 0,28 c	8,0 $\pm$ 0,29 c	7,7 $\pm$ 0,56 bc	6,5 $\pm$ 0,61 ac	6,8 $\pm$ 0,20 ac	6,3 $\pm$ 0,30 ab	6,0 $\pm$ 0,71 a

abc: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), Tukey-Test  
CS+BS: Kombinationsprodukt; BS: Biologischer Silierzusatzstoff; Q: Quebracho; Q+CS+BS: Quebracho plus Kombinationsprodukt; Q+BS: Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff; M: Mimosa

## 5.4 Ergebnisse der *in situ*-Versuche

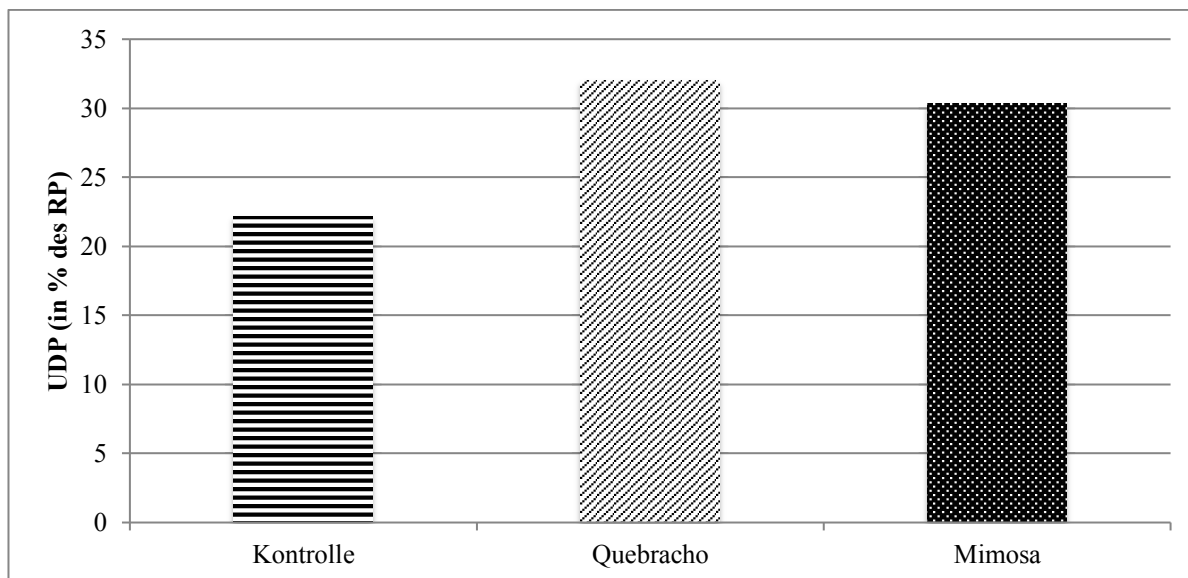
In den *in situ*-Versuchen sollte der Frage nachgegangen werden, wie der Zusatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte die Proteinverdaulichkeit (im folgenden als Verschwindensrate des Proteins bezeichnet) sowie die Geschwindigkeit des Proteinabbaus beeinflussen.

In Tabelle 80 (Anhang) ist die Verschwindensrate des Rohproteins und in Abbildung 23 eine Übersicht des Rohproteinabbaus der Silagen nach 96 Siliertagen dargestellt. In der Abbildung ist zu erkennen, dass in den ersten acht Stunden nach Inkubation der Nylonbeutel der Proteinabbau im Pansen durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte (Quebracho sowie Mimosa) verglichen mit der tanninfreien Kontrolle reduziert war. Nach 16 Stunden war der Proteinabbau der tanninhaltigen Silagen und der Kontrolle auf einem ähnlichen Niveau.



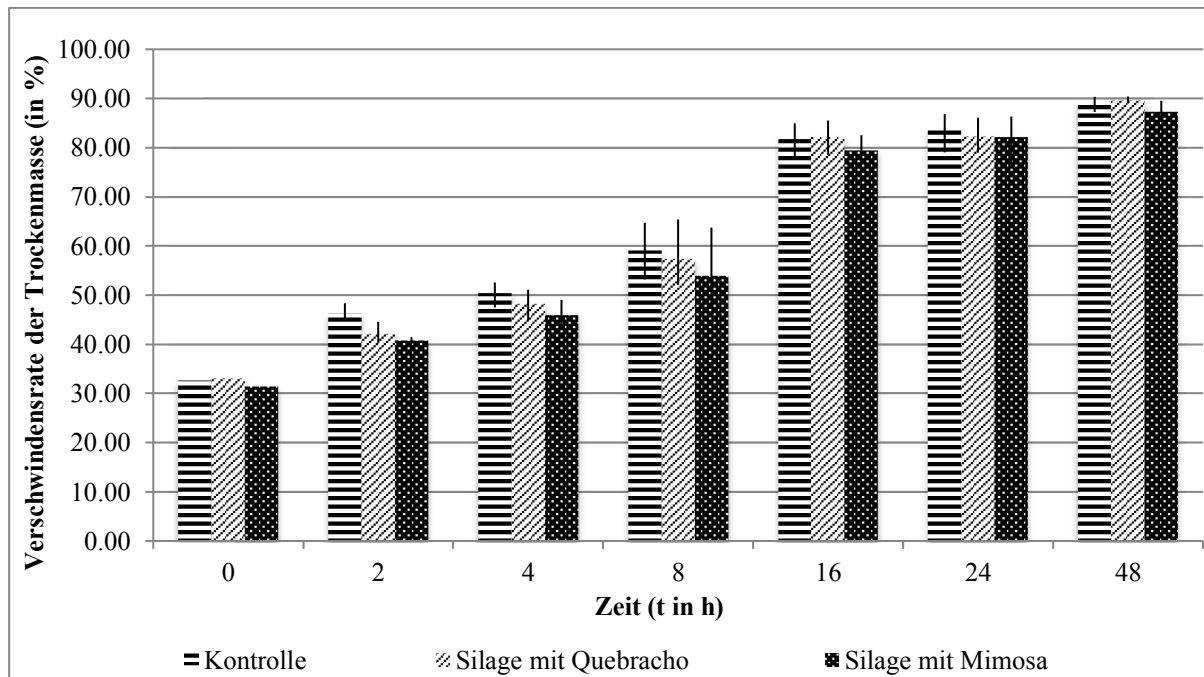
**Abbildung 23: Verschwindensrate des Proteins in den Silagen, die 96 Tage siliert wurden, während der *in situ*-Versuche über einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden (h) kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016)**

Die UDP-Gehalte (ermittelt durch die *in situ*-Versuche) waren in den beiden tanninhaltigen Silagen gegenüber der Kontrolle ohne tanninhaltigen Zusatz deutlich höher (vergleiche Abbildung 24), daraus lässt sich schließen, dass der effektive Rohproteinumbau bei den tanninhaltigen Silagen reduziert war (Kontrolle: 77,81 %; Silage mit Quebracho: 68,01 %; Silage mit Mimosa: 69,65 %).



**Abbildung 24: UDP-Gehalte (in % des RP) ermittelt durch die *in situ*-Versuche der Silagen nach einer 96-tägigen Silierdauer mittels der Hausmethode „Enquete 324 M“ (RICHARDT 2003)**

Die Verschwindensrate der TM ist ausführlich in Tabelle 81 (Anhang) dargestellt. Abbildung 25 stellt den Abbau der TM der Silagen dar, die 96 Tage siliert wurden. Es ist zu erkennen, dass die Verschwindensrate der TM in den ersten Stunden der Inkubation im Mittel bei der Kontrolle verglichen mit den beiden tanninhaltigen Silagen höher war, aber nach acht bis sechzehn Stunden auf einem fast identischen Niveau lag. Die effektive Verschwindensrate zwischen den beiden tanninhaltigen Silagen und der Kontrolle unterschied sich kaum (Kontrolle: 71,81 %; Silage mit Quebracho: 70,91 %; Silage mit Mimosa: 68,97 %).



**Abbildung 25: Verschwindensrate der Trockenmasse (in %) der Silage mit einer Silierdauer von 96 Tagen, ermittelt durch die *in situ*-Versuche kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016)**

### 5.5 Silierversuche mit Luzerne und Hornklee als Referenzpflanze

Die Zusammensetzung der Luzerne, die das Ausgangsmaterial für die Silierversuche im Jahr 2013 war, ist in Tabelle 39 dargestellt.

TM-Stufen von 30 und 40 % sollten im Jahr 2013 in dem Siliergut erreicht werden, in einer Schnellanalyse wurden 40 und 45 % TM ermittelt und die Tanninzulagen entsprechend berechnet. Die realisierten TM-Stufen betrugen im Durchschnitt 35 und 43 % (ohne die Hornklee- und Farmatanvarianten), die tatsächlich erreichten Tanninzulagen sind der Tabelle 40 zu entnehmen.

**Tabelle 39: Mittlere Rohnährstoffgehalte (n=3) sowie Zuckergehalte des angewelkten Ausgangsmaterials für die Silierversuche mit Luzerne (2013) in Abhängigkeit vom angestrebten Trockenmassegehalt**

	Einheit	Ausgangsmaterial (Luzerne) Mittelwerte (30 % TM)	Ausgangsmaterial (Luzerne) Mittelwerte (40 % TM)
TM	g/kg	352 <sup>±12,9</sup>	427 <sup>±21,0</sup>
Rohasche	g/kg TM	126 <sup>±7,4</sup>	117 <sup>±6,9</sup>
Rohprotein	g/kg TM	166 <sup>±4,3</sup>	179 <sup>±3,0</sup>
Rohfaser	g/kg TM	273 <sup>±9,2</sup>	247 <sup>±12,5</sup>
Rohfett	g/kg TM	18 <sup>±1,6</sup>	20 <sup>±1,2</sup>
Zucker	g/kg TM	50 <sup>±1,9</sup>	55 <sup>±2,1</sup>
Nitrat		Nicht bestimmt	
Nutzbares Rohprotein am Duodenum	g/kg TM	129 <sup>±3,1</sup>	132 <sup>±1,3</sup>



**Tabelle 40: Korrigierte Tanninzulagen (in %) bezogen auf die Trockenmasse (TM)**

Tanninzulage (in %)	Korrigierte Tanninzulagen (in %)	
	35 % statt 40 % TM	43 % statt 45 % TM
0,5	0,55	0,52
1,5	1,67	1,57
3	3,33	3,14

Der erzielte durchschnittliche TM-Gehalt bei der Trocknungsstufe 30 % lag bei  $352^{\pm 12,9}$  g/kg und bei der Trocknungsstufe mit angestrebten 40 % TM bei  $427^{\pm 21,0}$ .

Bei einer angestrebten TM von 30 % nach 90 Siliertagen hatten die eingesetzten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft unterschiedliche Einflüsse auf den TM-Gehalt ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0266$ ). Die unterschiedlichen zugesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,2190$ ) sowie der Kombinationseffekt aus Tanninprodukt und –menge ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,1323$ ) hatten keinen Einfluss auf den TM-Gehalt.

Bei einer angestrebten TM von 40 % nach 90 Siliertagen ist ein Wert der Variante mit 0,5 % Quebracho mit 27,1 % TM stark von den anderen Varianten bzw. Wiederholungen abgewichen. Auf den TM-Gehalt bei einer angestrebten TM von 40 % hatten weder die Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0569$ ) noch der Kombinationseffekt aus dem eingesetzten Tanninextrakt und der Tanninmenge ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,3360$ ) einen statistisch nachweisbaren Effekt, nur die verschiedenen eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0322$ ) unabhängig von den Tanninprodukten unterschiedlicher botanischer Herkunft beeinflussten den TM-Gehalt. Die eingesetzten Tanninmengen von 1,5 % und 3 % unterschieden sich signifikant in ihrer Wirkung auf den TM-Gehalt (Adj. P: 0,0248).

Bei einer durchschnittlichen TM von 35 % statt der angestrebten 30 % konnte nach 180 Siliertagen ein Unterschied zwischen den beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakten ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0037$ ) bezüglich ihres Einflusses auf den TM-Gehalt festgestellt werden. Die eingesetzten Tanninmengen hatten in den durchgeführten Untersuchungen keinen Einfluss auf den TM-Gehalt ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,1023$ )<sup>47</sup>, hingegen wurden bei der trockeneren Variante (durchschnittlich 43 % TM) sowohl Unterschiede zwischen den beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0006$ ), den eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0038$ ) als auch dem Kombinationseffekt aus Herkunft und Menge ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0057$ ) festgestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den eingesetzten Tanninmengen konnten nur

<sup>47</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

bei den Zulagenstufen 1,5 und 3 % eingesetztem tanninhaltigen Pflanzenextrakt festgestellt werden (Adj. P: 0,0026). Die Kombinationseffekte sind in der Tabelle 41 dargestellt.

**Tabelle 41: Kombinationseffekte der eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie der Tanninmengen zwischen den Siliervarianten nach 180 Siliertagen bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 % (dargestellt mittels Adj. P)**

Adj. P	Mimosa 0,5	Mimosa 1,5	Mimosa 3	Quebracho 0,5	Quebracho 1,5	Quebracho 3
Mimosa 0,5	1					
Mimosa 1,5	0,3301	1				
Mimosa 3	0,4148	0,4159	1			
Quebracho 0,5	0,9935	0,0177	0,0226	1		
Quebracho 1,5	0,9971	0,0188	0,0251	0,5510	1	
Quebracho 3	0,1714	0,0008	0,0008	0,0536	0,0083	1

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa

Die Farmatan®-Variante mit einer angestrebten TM von 30 % hatte im Durchschnitt eine TM von  $365^{±19}$  g/kg und bei der Farmatan®-Variante mit einem angestrebten TM-Gehalt von 40 % lag der realisierte TM-Gehalt bei  $402^{±6}$  g/kg.

Hornklee wurde in den Versuchen als Referenzpflanze siliert. Die Auswertung des Rohnährstoffgehaltes und des Zuckergehaltes ist in Tabelle 42 zusammengefasst.

Die drei Wiederholungen, in denen ausschließlich Hornklee einsiliert wurde, hatten in der Variante mit 30 % vorgesehenem TM-Gehalt einen tatsächlichen von durchschnittlich  $336^{±39,4}$  g/kg. Bei der angestrebten Variante mit 40 % TM wurde ein TM-Gehalt von 436 g/kg ermittelt (n=1).

**Tabelle 42: Rohnährstoffgehalte und Zuckergehalt des Ausgangsmaterials für die Silierversuche mit Hornklee (2013) in Abhängigkeit vom angestrebten Trockenmassegehalt (TM)**

	Einheit	Ausgangsmaterial Hornklee Mittelwerte (n=3) (30 % TM)	Ausgangsmaterial Hornklee Mittelwerte (Probe 4 (n=1)) (40 % TM)
TM	g/kg	$336^{±39,4}$	436
Rohasche	g/kg TM	$110^{±28,5}$	56
Rohprotein	g/kg TM	$160^{±16,6}$	189
Rohfaser	g/kg TM	$254^{±35,4}$	280
Rohfett	g/kg TM	$23^{±7,4}$	26
Zucker	g/kg TM	$56^{±1,6}$	44
Nitrat		Nicht bestimmt	
Nutzbare Rohprotein am Duodenum	g/kg TM	$128^{±7,2}$	137

## 5.6 Phenolhaltige Verbindungen der tanninhaltigen Pflanzenextrakte

Im Jahr 2014 wurde die Untersuchung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte nach einer einjährigen Lagerdauer bei Zimmertemperatur (circa 20 °C) wiederholt. Es zeigten sich gegenüber den Untersuchungsergebnissen aus dem vorherigen Jahr nur marginale Veränderungen (Tabelle 43). Mimosa hatte den höchsten Gehalt an kondensierten Tanninen, wohingegen Farmatan® kaum kondensierte Tannine aufwies.

**Tabelle 43: Zusammensetzung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte (2013) sowie nach einer Lagerdauer von einem Jahr (2014) in % der Trockenmasse (analysiert von Frau Prof. Dickhöfer an der Universität Hohenheim)**

Untersuchungsjahr	Gesamt-Phenolgehalt		Gesamt-Tanningehalt		Gehalt kondensierter Tannine	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Quebracho	72,7	71,0	67,7	66,5	13,0	13,9
Mimosa	58,5	55,5	57,0	56,5	24,5	25,1
Farmatan®	59,0	57,0	55,2	56,5	0,3	0,4

## 5.7 Sensorischer Eindruck der Luzernesilagen

Gegenüber den tanninfreien Varianten unterschieden sich die tanninhaltigen Silagen im Geruch, der nicht als unangenehm wahrgenommen wurde.

Insgesamt wiesen zwei Gläser (Probennummer 117 und 158) Schimmel auf und der Inhalt wurde verworfen, da Reserven von jeder Variante vorhanden waren, wurden sie nicht mit in die Auswertung genommen.

Die Differenz zwischen den Ein- und Auswaagen belief sich im Mittel auf ein Prozent. Die größte FM-Differenz (27 g FM-Verlust) konnte bei einer Wiederholung der Variante mit 3 % Quebracho und 30 % TM nach 180 Siliertagen festgestellt werden. Der Verlust bei dieser Variante lag bei 9,72 g in der TM (bei einem tatsächlichen TM-Gehalt von 35 % in dieser Wiederholung). Die durchschnittlichen FM-Verluste lagen über alle Siliertage bei  $13,8^{+4,7}$  g/Laborsilo bei einer durchschnittlichen Einwaage von  $2228,0^{+195}$  g/Laborsilo (FM) und einer durchschnittlichen Auswaage von  $2214,8^{+210}$  g/Laborsilo (FM).

In zwei Laborsilos wurden nach 180 Siliertagen zwei Steine gefunden, die einen Durchmesser von circa einem Zentimeter hatten. Diese wurden entfernt bevor die Proben für die analytische Untersuchung gefüllt wurden.

Im Weiteren werden die detaillierten Untersuchungsergebnisse beschrieben.

## 5.8 Analyseergebnisse der Luzernesilagen

### 5.8.1 Gärqualität im Gärverlauf

Zur Bestimmung der Gärqualität im Gärverlauf werden pH-Wert, wasserlösliche Kohlenhydrate, Milchsäure, Essigsäure, unerwünschte Säuren sowie Alkohole und Zucker beschrieben. Geklärt werden soll, ob durch den Einsatz von bis zu 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt eine Veränderung des Gärverlaufs provoziert und die Gärqualität beeinflusst wird.

#### 5.8.1.1 pH-Wert

Bereits nach drei Siliertagen hatten die meisten Silagen einen pH-Wert unter 5 (Anhang Tabelle 83).

Der pH-Wert in den Varianten mit einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 35 % lag nach 180 Siliertagen im Mittel bei  $4,9^{\pm 0,2}$  und der pH-Wert der Varianten mit 43 % TM im Mittel bei  $4,6^{\pm 0,05}$  (siehe Tabelle 44).

**Tabelle 44: pH-Wert der Variante mit einem Trockenmassegehalt von 35 % (angestrebt 30 % TM) und 43 % (angestrebt 40 % TM)**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3	FAM **	HOR
	<b>Durchschnittliche TM 35 %</b>								
<b>Tag 90 *</b>	$4,7^{\pm 0,1}$	$4,8^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,9^{\pm 0,2}$	$4,9^{\pm 0,0}$	$5,0^{\pm 0,1}$	$5,0^{\pm 0,1}$	$4,8^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,1}$
<b>Tag 180 **</b>	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,9^{\pm 0,1}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,9^{\pm 0,2}$	$4,9^{\pm 0,0}$	$5,0^{\pm 0,0}$	$5,1^{\pm 0,1}$		
	<b>Durchschnittliche TM 43 %</b>								
<b>Tag 90 *</b>	$4,6^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,1}$	$4,6^{\pm 0,1}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,0}$	$4,6^{\pm 0,0}$	$5,0^{\pm 0,0}$
<b>Tag 180 **</b>	$4,6^{\pm 0,0}$	$4,6^{\pm 0,0}$	$4,6^{\pm 0,2}$	$4,6^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,1}$	$4,6^{\pm 0,0}$	$4,7^{\pm 0,0}$		

\*n=3; \*\*n=4

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa; FAR: 3 % Farmatan; HOR: Hornklee

Nach einer Silierdauer von 180 Tagen und einer TM von durchschnittlich 35 % hatten die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Adj. P: 0,0315) sowie der Kombinationseffekt ( $P > F$ : 0,0103) einen Einfluss auf den pH-Wert. Beim Kombinationseffekt unterschieden sich die Varianten Mimosa 0,5 von Mimosa 1,5 (Adj. P: 0,0322), Mimosa 0,5 von Quebracho 1,5 (Adj. P: 0,0376), Mimosa 1,5 von Quebracho 1,5 (Adj. P: 0,0002) sowie Mimosa 3 von Quebracho 1,5 (Adj. P: 0,0294). Die verschiedenen eingesetzten Tanninmengen beeinflussten den pH-Wert nicht ( $P > F$ : 0,3393).

Bei einer durchschnittlichen TM von 43 % wurde der pH-Wert weder durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Adj. P: 0,554), die

eingesetzten Tanninmengen (Adj. P: 0,1003) noch dem Kombinationseffekt (Adj. P: 0,5758) beeinflusst.

#### 5.8.1.2 Ammoniakstickstoff

In der Tabelle 45 ist zu erkennen, dass die Silagen mit einem TM-Gehalt von durchschnittlich 35 %, die einen niedrigeren Rohproteingehalt hatten, überwiegend einen höheren Gehalt an  $\text{NH}_3\text{-N}$  in den Luzernesilagen aufwiesen.

Ein Einfluss der botanischen Herkunft der tanninhaltigen Pflanzenextrakte (Mimosa oder Quebracho) ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2802), der eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2026) und dem Kombinationseffekt aus Herkunft und Menge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,7814) auf den  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt nach 90 Siliertagen bei einer TM von 35 % konnte statistisch nicht festgestellt werden.

Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten in Abhängigkeit von der botanischen Tanninherkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,8418), den verschiedenen Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,1753) sowie dem Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,5279) auf den  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt nach 180 Siliertagen bei einer TM von 35 % wurden nicht festgestellt (Auswertung ohne Kontrolle).

**Tabelle 45: Mengenangaben zu den Rohproteingehalten (RP in g/kg TM) und den Ammoniakstickstoffgehalten ( $\text{NH}_3\text{-N}$  in g/kg Gesamt-N) der Luzernesilagen bei einem Trockenmassegehalt (g/kg) von durchschnittlich 35 % in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten und Öffnungstagen**

	90 Tage Silierung (n=3)								
	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3	HOR	FAR
TM	359±2,8	356±5,4	369±0,7	386±14,1	311±65,1	360±4,0	272±55,1	291±3,9	366±1,9
RP	155±5,8	157±7,1	164±1,8	158±10,5	159±6,7	152±12,8	147±10,2	180±7,9	153±9,1
NH <sub>3</sub> -N	141±5	152±14	130±4	125±21	153±15	143±22	141±12	121±14	110±10
	180 Tage Silierung (n=4)								
	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3*	MIM 0,5	MIM 11,5	MIM 3		
TM	349±0,8	353±7,0	363±7,3	382±19,8	346±7,7	349±2,9	349±8,8		
RP	161±0,3	153±5,5	158±8,3	153±5,8	157±4,1	158±3,8	153±5,8		
NH <sub>3</sub> -N	145±13	160±4	128±23	145±14	147±10	139±25	142±28		

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa; FAR: 3 % Farmatan; HOR: Hornklee

Nach 90 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 43 % hatte ausschließlich die botanische Tanninherkunft (Adj. P: 0,0091) einen Einfluss auf den  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt in den Silagen (Auswertung ohne Kontrolle sowie Farmatan® und Hornklee). Weder die Tanninmenge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,1577) noch der Kombinationseffekt ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,1966) hatten einen Einfluss.

Nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 43 % hatten sowohl die Tanninherkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0018), die Tanninmenge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0012) als auch der

Kombinationseffekt zwischen Tanninherkunft und –menge ( $Pr > F: 0,0093$ ) einen Einfluss auf den  $NH_3$ -N-Gehalt. Bei der Tanninmenge konnte ein signifikanter Unterschied nur zwischen der Zulage von 0,5 und 1,5 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Adj. P: 0,0009) festgestellt werden<sup>48</sup> (siehe Tabelle 46).

Eine Übersicht über die  $NH_3$ -N-Gehalte aller Varianten und Wiederholungen befindet sich im Anhang Tabelle 83, da in diesem Abschnitt nur auf die Mittelwerte nach 90 und 180 Siliertagen eingegangen wurde.

**Tabelle 46: Mengenangaben zu den Rohproteingehalten (RP in g/kg TM) und den Ammoniakstickstoffgehalten ( $NH_3$ -N in g/kg Gesamt-N) der Luzernesilagen bei einem Trockenmassegehalt (g/kg) von durchschnittlich 43 % in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten und Öffnungstagen**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3	HOR	FAR
	<b>90 Tage Silierung</b>								
<b>TM</b>	405 $\pm$ 17,0	397 $\pm$ 89,0	475 $\pm$ 6,5	488 $\pm$ 14,2	408 $\pm$ 29,0	385 $\pm$ 0,5	393 $\pm$ 3,7	452 $\pm$ 21,6	402 $\pm$ 0,6
<b>RP</b>	160 $\pm$ 8,8	155 $\pm$ 8,2	155 $\pm$ 6,7	160 $\pm$ 3,3	161 $\pm$ 8,0	163 $\pm$ 2,4	163 $\pm$ 4,4	194 $\pm$ 0,8	157 $\pm$ 8,4
<b><math>NH_3</math>-N</b>	115 $\pm$ 10	127 $\pm$ 21	108 $\pm$ 3	79 $\pm$ 26	124 $\pm$ 22	149 $\pm$ 5	134 $\pm$ 6	96 $\pm$ 11	120 $\pm$ 5
	<b>180 Tage Silierung</b>								
	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3		
<b>TM</b>	427 $\pm$ 13,8	438 $\pm$ 13,6	421 $\pm$ 5,1	485 $\pm$ 4,9	429 $\pm$ 29,3	388 $\pm$ 3,6	393 $\pm$ 0,9		
<b>RP</b>	157 $\pm$ 5,7	160 $\pm$ 6,5	152 $\pm$ 6,8	155 $\pm$ 1,9	163 $\pm$ 5,6	161 $\pm$ 4,4	158 $\pm$ 10,7		
<b><math>NH_3</math>-N</b>	123 $\pm$ 13	112 $\pm$ 8	111 $\pm$ 41	102 $\pm$ 11	114 $\pm$ 17	154 $\pm$ 7	153 $\pm$ 11		

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa; FAR: 3 % Farmatan; HOR: Hornklee

### 5.8.1.3 Zusammensetzung der Gärsäuren in den Luzernesilagen

Die in den Luzernesilagen analysierten Säuren sowie deren nachgewiesene Gehalte aller Varianten mit allen Wiederholungen über die Öffnungszeiträume, wie im Abschnitt Material und Methoden beschrieben, sind im Anhang Tabelle 82 dargestellt. Im folgenden Abschnitt wird nur auf die Öffnungstermine nach 90 und 180 Siliertagen eingegangen, da diese die Öffnungszeiträume in der Praxis darstellen.

#### Milchsäure

In diesen Untersuchungen konnten Unterschiede im Milchsäuregehalt (% d. TM) nach 180 Siliertagen bei einer TM von 35 % zwischen den beiden Tanninprodukten unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $Pr > F: 0,0429$ ) sowie zwischen den verschiedenen Tanninmengen ( $Pr > F: 0,0101$ ) festgestellt werden (siehe Tabelle 47). Die zugesetzten Tanninmengen (bezogen

<sup>48</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

auf den TM-Gehalt der Silagen) von 0,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0100) sowie 1,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0094) unterschieden sich in ihrem Effekt auf den Milchsäuregehalt in den Silagen voneinander.

Unterschiedliche Einflüsse der Tanninprodukte auf den Milchsäuregehalt in den Silagen könnten einen Hinweis auf die verschiedenen Wirkungsweisen der beiden Tanninprodukte, bedingt durch ihre biologische Variabilität, geben. Ein Kombinationseffekt zwischen den eingesetzten Tanninprodukten und der Tanninmenge konnte statistisch nicht nachgewiesen werden ( $Pr > F$ : 0,1932).

**Tabelle 47: Milchsäure- und Essigsäuregehalte der Luzernesilagen nach 180 Siliertagen in Abhängigkeit von den Trockenmassestufen (n=4)**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3
<b>TM (Ø 35 %)</b> (g/kg)	349 $\pm$ 0,8	353 $\pm$ 7,0	363 $\pm$ 7,3	382 $\pm$ 19,8	346 $\pm$ 7,7	349 $\pm$ 2,9	349 $\pm$ 8,8
<b>Milchsäure*</b> (% der TM)	8,5 $\pm$ 1,3	6,8 $\pm$ 0,8	7,4 $\pm$ 0,1	4,7 $\pm$ 1,3	6,5 $\pm$ 0,6	5,6 $\pm$ 0,8	4,3 $\pm$ 0,2
<b>Essigsäure**</b> (% der TM)	2,7 $\pm$ 0,26	3,0 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,6	2,7 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,2	2,6 $\pm$ 0,1
<b>TM (Ø 43)</b>	427 $\pm$ 13,8	438 $\pm$ 13,6	42 $\pm$ 5,1 *	485 $\pm$ 4,9 **	429 $\pm$ 29,3	388 $\pm$ 3,6	393 $\pm$ 0,9
<b>Milchsäure</b> (% der TM)	7,9 $\pm$ 0,6	7,4 $\pm$ 0,5	7,5 $\pm$ 0,5 *	7,0 $\pm$ 0,6 **	7,3 $\pm$ 0,9	8,2 $\pm$ 0,2	6,3 $\pm$ 3,2
<b>Essigsäure</b> (% der TM)	1,59 $\pm$ 0,16	1,5 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1 *	1,2 $\pm$ 0,1 *	1,7 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,1	2,4 $\pm$ 0,2

\*n=2; \*\* n=3

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho;  
MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa

Nach 180 Siliertagen und einer TM von 43 % existierten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten unabhängig von den eingesetzten Tanninprodukten unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $Pr > F$ : 0,9380), den eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F$ : 0,3116)<sup>49</sup> sowie dem Kombinationseffekt aus Tanninprodukt und –menge ( $Pr > F$ : 0,5474).

### Essigsäure

Der Essigsäuregehalt der Silagen nach 180 Siliertagen lag bei durchschnittlich 2,26  $\pm$  0,59 % je kg TM (unabhängig von der TM-Stufe). Weder die beiden eingesetzten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $Pr > F$ : 0,9472), die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F$ : 0,1698) noch der Kombinationseffekt aus Tanninprodukt und Tanninmenge ( $Pr > F$ : 0,0725) hatten nach 180 Siliertagen bei einer TM von durchschnittlich 35 % einen Effekt auf den Essigsäuregehalt in den untersuchten Silagen (Tabelle 47).

<sup>49</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

Bei einem TM-Gehalt von durchschnittlich 43 % nach 180 Siliertagen konnten Unterschiede zwischen den Tanninprodukten unterschiedlicher botanischer Herkunft (Adj. P: 0,0001), den eingesetzten Tanninmengen (Pr > F: 0,0496) als auch dem Kombinationseffekt zwischen Tanninprodukt und Tanninmenge (Pr > F: 0,0011) auf den Essigsäuregehalt in den überprüften Silagen festgestellt werden. Signifikant voneinander verschieden waren die Tanninmengen 0,5 und 1,5 % (Adj. P: 0,0407)<sup>50</sup>. Beim Kombinationseffekt unterschieden sich die folgenden Varianten: Mimosa 0,5 von Mimosa 1,5 (Adj. P: 0,0365), Mimosa 0,5 von Mimosa 3 (Adj. P: 0,0048), Mimosa 1,5 von Quebracho 0,5 (Adj. P: 0,0065), Mimosa 1,5 von Quebracho 3 (Adj. P: 0,0002), Mimosa 3 von Quebracho 0,5 (Adj. P: 0,0009), Mimosa 3 von Quebracho 1,5 (Adj. P: 0,0215) und Mimosa 3 von Quebracho 3 (Adj. P: < 0,0001).

#### Iso-Buttersäure

Es konnte keine Iso-Buttersäure in den untersuchten Silagen nachgewiesen werden. Möglicherweise lag der Gehalt unter der analytischen Bestimmungsgrenze.

#### n-Buttersäure

In einigen Luzernesilagen unterschiedlicher Varianten und Öffnungstermine wurde n-Buttersäure nachgewiesen (vergleiche Anhang Tabelle 82). Bei allen anderen konnte keine n-Buttersäure nachgewiesen werden. Der höchste Gehalt von n-Buttersäure lag bei 0,44 g/kg TM (Variante: 40 % TM, 0,5 % Quebracho, Öffnungstag 10). Der n-Buttersäuregehalt wurde in beiden TM-Stufen nach 180 Siliertagen weder durch die Tanninmenge noch durch das eingesetzte tanninhaltige Pflanzenextrakt beeinflusst.

#### Isovaleriansäure

Isovaleriansäure konnte mit den verwendeten Analysemethoden in keiner der untersuchten Luzernesilagen nachgewiesen werden.

#### n-Valeriansäure

N-Valeriansäure konnte mit den verwendeten Analysemethoden in keiner der untersuchten Luzernesilagen nachgewiesen werden.

---

<sup>50</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.



### Propionsäure

Propionsäure lag in den meisten Proben unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Der höchste Gehalt (0,58 % d. TM) wurde in einer Wiederholung mit 3 % Quebracho und einem TM-Gehalt von 51 % nach zehn Siliertagen bestimmt.

Da nicht in allen Varianten Propionsäure nachgewiesen werden konnte, war eine statistische Auswertung nicht möglich.

### Ameisensäure

Ameisensäure konnte nicht in allen Luzernesilagen nachgewiesen werden. Der höchste Gehalt der nachgewiesen wurde, betrug 10 % der TM. Alle nachgewiesenen Gehalte sind im Anhang in der Tabelle 82 aufgeführt.

Da nicht in allen Silagen des 180. Öffnungstages Ameisensäure nachgewiesen werden konnte, war eine Auswertung aufgrund der geringen Anzahl an Messwerten bei der Variante mit 43 % TM nicht möglich. Ein Einfluss des tanninhaltigen Pflanzenextraktes sowie der eingesetzten Tanninmengen auf den Ameisensäuregehalt in den untersuchten Silagen konnte bei einer durchschnittlichen TM von 35 % nicht festgestellt werden.

#### 5.8.1.4 Alkohole

Eine Übersicht über die in den Silagen enthaltenen Alkohole (Ethanol, 1-Propanol, 1,2-Propandiol sowie 2,3-Butandiol) über alle Öffnungstermine sowie Wiederholungen befindet sich im Anhang Tabelle 85. Im folgenden Abschnitt wird nur auf die Öffnungstermine nach 90 bzw. 180 Siliertagen eingegangen.

### Ethanol

Nach 180 Siliertagen und einer TM von 35 % hatten weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,3225$ ) noch die verwendeten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,2577$ ) einen Einfluss auf den Ethanolgehalt in den Silagen (Auswertung ohne Kontrolle). Auch der Kombinationseffekt aus Tanninprodukt und –menge hatte keinen Einfluss auf den Ethanolgehalt ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,2615$ ). Bei einer TM von durchschnittlich 43 % konnten Unterschiede in der Beeinflussung des Ethanolgehaltes durch die Tanninextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0003$ ), den eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: < 0,0001$ ) sowie dem Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,0274$ ) festgestellt werden (siehe Tabelle 48). Bei den eingesetzten Tanninmengen

unterschieden sich lediglich die Varianten mit 1,5 und die 3 % nicht voneinander (Adj. P: 0,9999)<sup>51</sup>.

**Tabelle 48: Kombinationseffekte der eingesetzten Tanninextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sowie der Tanninmengen nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen Trockenmasse von 43 % auf den Ethanolgehalt (Unterschiede ausgeben als Adj. P)**

Adj. P	Mimosa 0,5	Mimosa 1,5	Mimosa 3	Quebracho 0,5	Quebracho 1,5	Quebracho 3
<b>Mimosa 0,5</b>	1					
<b>Mimosa 1,5</b>	0,0076	1				
<b>Mimosa 3</b>	0,0002	0,4490	1			
<b>Quebracho 0,5</b>	0,7067	0,0005	< ,0001	1		
<b>Quebracho 1,5</b>	0,4078	0,6663	0,0731	0,0622	1	
<b>Quebracho 3</b>	0,9968	0,0335	0,0012	0,4984	0,6869	1

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa

Der Ethanolgehalt lag in den meisten Silagen, bezogen auf alle Öffnungstermine, bei unter einem Prozent. Der höchste Ethanolgehalt (1,54 % je kg TM) wurde in der Variante mit 3 % Quebracho bei einem TM-Gehalt von 35 % nach 180 Siliertagen nachgewiesen.

#### 1-Propanol

1-Propanol wurde nicht in allen Silagen nachgewiesen. Der höchste Gehalt, der in den Silagen analysiert wurde, lag bei 0,17 % je kg TM bei einer Wiederholung der Variante mit 0,5 % Quebracho-Tannin nach 180 Siliertagen und einer tatsächlichen TM von 25 %.

#### 1,2-Propandiol

1,2-Propandiol konnte nur in vier Silagen (nach 90 Siliertagen) unabhängig von der Variante analysiert werden (vergleiche im Anhang Tabelle 85).

In den restlichen Silagen lag der Gehalt möglicherweise unter der Bestimmungsgrenze.

#### 2,3-Butandiol

In nicht allen Silagen konnte 2,3-Butandiol nachgewiesen werden. Der höchste nachgewiesene 2,3-Butandiol-Gehalt lag bei 0,48 % (d. TM) in der Variante mit 1,5 % Quebracho mit einem tatsächlichen TM-Gehalt von 47 % nach 90 Siliertagen.

<sup>51</sup> Zugesetzte Tanninmenge 0,5 % und 1,5 %: Adj. P: 0,0004 sowie 0,5 % und 3 %: Adj. P: 0,0002

#### 5.8.1.5 Zucker

In der Tabelle 83 (im Anhang) sind die Zuckergehalte aller Siliervarianten, TM-Stufen und Öffnungstermine aufgeführt. In den Silagen mit einer höheren TM verglichen mit Silagen, die einen niedrigeren TM-Gehalt aufwiesen, war der Restzuckergehalt höher.

#### 5.8.2 Futterqualität im Gärverlauf

Werden die Rohnährstoffe und der Energiehalt durch den Einsatz der beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft und verschiedener Einsatzmengen (0,5 bis 3 % bezogen auf die TM) verdünnt? Wenn ja, in welchen Ausmaß und kann zwischen den beiden Tanninprodukten differenziert werden? Diese Fragen sollen im folgenden Abschnitt beantwortet werden.

Neben der Analyse der Rohnährstoffe wurden dazu der Hohenheimer Futterwerttest (HFT) durchgeführt sowie die Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation nach einer Formel der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie berechnet.

##### 5.8.2.1 Rohnährstoffe

Eine Übersicht der Rohnährstoffe über alle Öffnungstermine und alle Varianten, wie im Abschnitt Material und Methoden beschrieben, befindet sich im Anhang Tabelle 83. Im Folgenden wird nur auf die mittleren Gehalte nach 90 und 180 Siliertagen eingegangen (Tabelle 49 und Tabelle 50). Der Rohaschegehalt in den Luzernesilagen war in allen Varianten sowie in beiden TM-Stufen unabhängig von der Tanninzulage hoch. Eine Erklärung ist möglicherweise ein hoher Schmutzeintrag während der Ernte. Die Ursache konnte jedoch nicht abschließend geklärt werden.

In Tabelle 49 ist zu erkennen, dass bei einem TM-Gehalt von 35 % nach 90 Siliertagen mit zunehmenden Tanningehalten die Rohprotein- sowie die Rohfasergehalte abnahmen. Diese Beobachtung bestätigte sich durch die statistische Auswertung nicht, denn der Rohaschegehalt wurde weder durch die eingesetzten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,8948$ ), die verschiedenen eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,3822$ ) noch durch den Kombinationseffekt beider Parameter ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,1706$ ) beeinflusst. Auch der Rohproteingehalt wurde weder durch die eingesetzten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,2023$ ), die verschiedenen Tanningehalte ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,5696$ ) sowie dem Kombinationseffekt beider Parameter ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,4901$ ) beeinflusst. Der Rohfasergehalt wurde weder durch die eingesetzten Tanninprodukte ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,1953$ ), die verschiedenen Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}: 0,5305$ ) noch durch den

Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,3291) beeinflusst. Unterschiede im Rohfettgehalt (keine Normalverteilung) zwischen den Varianten verursacht durch die eingesetzten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0674), die verschiedenen Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2586) sowie dem Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2159) konnten statistisch nicht nachgewiesen werden<sup>52</sup>. Die Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom) wurde weder durch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0543) noch durch die unterschiedlichen Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2473), die in den Versuchen eingesetzt wurden, beeinflusst und auch nicht durch den Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,7665). Die Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom) wurde weder durch die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte Mimosa und Quebracho ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0578) noch durch die unterschiedlichen Mengen der Extrakte ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,6268) oder dem Kombinationseffekt aus Produkt und Menge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,5794) beeinflusst. Die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft hatten einen unterschiedlichen Einfluss auf das Säure-Detergenzien-Lignin (ADL) ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0044), hingegen hatten die eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0936) sowie der Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,1208) keinen Einfluss. Bei einer durchschnittlichen TM von 35 % und einer Silierdauer von 180 Tagen (siehe Tabelle 49) existierten keine Unterschiede zwischen den Varianten bezüglich der eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,3626), der Tanninmenge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,8548) sowie dem Kombinationseffekt ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,2089) auf den Rohaschegehalt.

Der Rohproteingehalt nach 180 Siliertagen bei einem TM-Gehalt von 35 % (Normalverteilung, Auswertung ohne Kontrolle) wurde in den Untersuchungen weder durch die verwendeten Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,6553) noch durch die verschiedenen Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,3121) sowie dem Kombinationseffekt aus Tanninprodukt und -menge ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,8407) beeinflusst.

Der Rohfasergehalt wurde durch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,0547), die verschiedenen eingesetzten Tanninmengen ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,3014) sowie dem Kombinationseffekt aus beidem ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,4174) bei einer durchschnittlichen TM von 35 % nach 180 Siliertagen nicht beeinflusst ( $\alpha = 0,05$ ) und bezüglich des Rohfettgehaltes hatten weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $\text{Pr} > \text{F}$ : 0,7475) noch die verschiedenen eingesetzten

---

<sup>52</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

Tanninmenge ( $Pr > F: 0,7087$ ) einen beeinflussenden Effekt. Auch der Kombinationseffekt hatte keinen beeinflussenden Effekt auf den Rohfettgehalt ( $Pr > F: 0,9552$ )<sup>53</sup>. Die Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom) wurde weder durch die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,4801$ ) noch durch die unterschiedlichen Tanninmengen ( $Pr > F: 0,4954$ ), die in den Versuchen eingesetzt wurden, beeinflusst und auch nicht durch den Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F: 0,5847$ ). Die Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom) wurde weder durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,2676$ ) noch durch die unterschiedlichen Mengen der Extrakte ( $Pr > F: 0,6935$ ) oder dem Kombinationseffekt aus Produkt und Menge ( $Pr > F: 0,5517$ ) beeinflusst. Das Säure-Detergenzien-Lignin (ADL) wurde durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,3330$ ) sowie die eingesetzten Mengen ( $Pr > F: 0,2178$ ) und dem Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F: 0,7376$ ) nicht beeinflusst.

**Tabelle 49: Rohnährstoffgehalte sowie Faserfraktionen der Luzerne- sowie Hornkleesilagen mit 35 % Trockenmasse in Abhängigkeit der Silierdauer (90 Siliertage (n=3) und 180 Siliertage (n = 4))**

Pflanzen- material	Variante*	TM	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	Roh- fett	aNDF om	ADFom	ADL
		g/kg	g/kg TM						
Nach 90 Siliertagen und einer Trockenmasse von durchschnittlich 35 % (n=3)									
Luzerne	CON	359 <sup>±2,8</sup>	200 <sup>±8,24</sup>	155 <sup>±5,8</sup>	266 <sup>±6,05</sup>	32 <sup>±2,13</sup>	356 <sup>±12</sup>	304 <sup>±5</sup>	50 <sup>±2</sup>
	QUE 0,5	356 <sup>±5,4</sup>	193 <sup>±6,06</sup>	157 <sup>±7,1</sup>	249 <sup>±6,71</sup>	36 <sup>±2,51</sup>	338 <sup>±7</sup>	289 <sup>±6</sup>	47 <sup>±1</sup>
	QUE 1,5	369 <sup>±0,7</sup>	190 <sup>±4,32</sup>	164 <sup>±1,8</sup>	262 <sup>±6,49</sup>	32 <sup>±2,73</sup>	354 <sup>±15</sup>	304 <sup>±4</sup>	52 <sup>±1</sup>
	QUE 3	386 <sup>±14,1</sup>	192 <sup>±21,84</sup>	158 <sup>±10,5</sup>	252 <sup>±10,87</sup>	31 <sup>±1,69</sup>	368 <sup>±16</sup>	301 <sup>±11</sup>	54 <sup>±2</sup>
	MIM 0,5	311 <sup>±65,1</sup>	194 <sup>±5,00</sup>	159 <sup>±6,7</sup>	270 <sup>±9,06</sup>	30 <sup>±1,53</sup>	369 <sup>±13</sup>	312 <sup>±11</sup>	55 <sup>±3</sup>
	MIM 1,5	361 <sup>±4,0</sup>	204 <sup>±2,48</sup>	152 <sup>±12,8</sup>	262 <sup>±11,22</sup>	31 <sup>±2,33</sup>	371 <sup>±14</sup>	312 <sup>±8</sup>	56 <sup>±1</sup>
	MIM 3	272 <sup>±55,1</sup>	180 <sup>±10,54</sup>	147 <sup>±10,2</sup>	256 <sup>±16,74</sup>	30 <sup>±1,63</sup>	382 <sup>±28</sup>	310 <sup>±19</sup>	55 <sup>±4</sup>
	FAR	366 <sup>±1,6</sup>	196 <sup>±14,69</sup>	153 <sup>±9,1</sup>	261 <sup>±20,43</sup>	28 <sup>±2,58</sup>	389 <sup>±33</sup>	308 <sup>±23</sup>	55 <sup>±6</sup>
Hornklee	HOR	291 <sup>±3,9</sup>	83 <sup>±1,98</sup>	180 <sup>±7,9</sup>	285 <sup>±5,50</sup>	26 <sup>±0,78</sup>	400 <sup>±7</sup>	326 <sup>±6</sup>	53 <sup>±3</sup>
Nach 180 Siliertagen und einer Trockenmasse von durchschnittlich 35 % (n=4)									
Luzerne	CON	349 <sup>±0,8</sup>	197 <sup>±11,09</sup>	161 <sup>±0,3</sup>	258 <sup>±13,55</sup>	34 <sup>±3,00</sup>	346 <sup>±20</sup>	295 <sup>±14</sup>	48 <sup>±3</sup>
	QUE 0,5	353 <sup>±7,0</sup>	189 <sup>±7,32</sup>	153 <sup>±5,5</sup>	273 <sup>±16,93</sup>	31 <sup>±2,49</sup>	376 <sup>±22</sup>	314 <sup>±17</sup>	55 <sup>±5</sup>
	QUE 1,5	363 <sup>±7,3</sup>	185 <sup>±12,38</sup>	158 <sup>±8,3</sup>	272 <sup>±11,80</sup>	31 <sup>±1,53</sup>	381 <sup>±21</sup>	314 <sup>±13</sup>	55 <sup>±4</sup>
	QUE 3 *	382 <sup>±19,8</sup>	196 <sup>±17,12</sup>	153 <sup>±5,8</sup>	267 <sup>±11,05</sup>	31 <sup>±1,70</sup>	381 <sup>±13</sup>	3129 <sup>±9</sup>	56 <sup>±1</sup>
	MIM 0,5	346 <sup>±7,7</sup>	201 <sup>±24,47</sup>	157 <sup>±4,1</sup>	270 <sup>±11,23</sup>	31 <sup>±1,22</sup>	371 <sup>±19</sup>	309 <sup>±11</sup>	53 <sup>±2</sup>
	MIM 1,5	349 <sup>±2,9</sup>	198 <sup>±13,48</sup>	158 <sup>±3,8</sup>	249 <sup>±12,52</sup>	32 <sup>±1,97</sup>	365 <sup>±7</sup>	300 <sup>±10</sup>	52 <sup>±1</sup>
	MIM 3	349 <sup>±8,8</sup>	187 <sup>±11,20</sup>	153 <sup>±5,8</sup>	256 <sup>±12,72</sup>	31 <sup>±1,52</sup>	385 <sup>±10</sup>	312 <sup>±6</sup>	56 <sup>±3</sup>

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa; FAR: Farmatan; HOR: Hornklee  
\* n=3

<sup>53</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

Der TM-Gehalt nach 90 Siliertagen, die in dieser Variante bei durchschnittlich 43 % lag, schwankte innerhalb der einzelnen Versuchsvarianten erheblichen (siehe Standardabweichung in Tabelle 50 und im Anhang Tabelle 83).

Nach 90 Siliertagen hatten weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $Pr > F: 0,08304$ ), die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F: 0,1002$ ) noch der Kombinationseffekt aus beiden ( $Pr > F: 0,1536$ ) einen messbaren Effekt auf den Rohaschegehalt bei einem angestrebten TM-Gehalt von 40 %. Auch auf den Rohproteingehalt hatten weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,1189$ ), die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F: 0,7437$ ) noch der Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F: 0,8114$ ) einen statistisch nachweisbaren Einfluss. Die statistische Auswertung wies keine Effekte der Tannine auf den Rohfasergehalt durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,6873$ ), die Tanninmenge ( $Pr > F: 0,4586$ ) und dem Kombinationseffekt aus Produkt und Menge ( $Pr > F: 0,5205$ ) nach. Auf den Rohfettgehalt hatten weder die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F: 0,7170$ ) noch der Kombinationseffekt aus tanninhaltigem Pflanzenextrakt und Tanninmenge ( $Pr > F: 0,9238$ ) einen statistisch nachweisbaren Einfluss, jedoch konnte ein Effekt in Abhängigkeit vom eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakt auf den Rohfettgehalt in den Luzernesilagen festgestellt werden ( $Pr > F: 0,0466$ ). Der aNDFom-Gehalt wurde durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte Mimosa und Quebracho ( $Pr > F: 0,3497$ ), die unterschiedlichen Mengen dieser Produkte ( $Pr > F: 0,9398$ ) und dem Kombinationseffekt ( $Pr > F: 0,7712$ ) nicht beeinflusst. Der ADFom-Gehalt der einzelnen Siliervarianten nach 90 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 43 % wurde weder durch die beiden unterschiedlichen tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,3464$ ) noch durch die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F: 0,7497$ ) oder dem Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F: 0,4568$ ) beeinflusst und auch der ADL-Gehalt wurde weder durch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F: 0,6298$ ), die eingesetzten Mengen der tanninhaltigen Produkte ( $Pr > F: 0,8933$ ) noch dem Kombinationseffekt ( $Pr > F: 0,8971$ ) beeinflusst<sup>54</sup>.

Die beiden eingesetzten Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft ( $Pr > F: 0,3649$ ), die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F: 0,0758$ ) sowie der Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F: 0,3880$ ) hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf den Rohaschegehalt nach 180 Siliertagen (siehe Tabelle 50).

---

<sup>54</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

Der Rohproteingehalt wurde weder durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte (Pr > F: 0,1743) noch durch die Tanninmenge (Pr > F: 0,3509) oder dem Kombinationseffekt (Pr > F: 0,7548) beeinflusst.

Unterschiede zwischen den beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft (Quebracho und Mimosa) konnten beim Rohfasergehalt festgestellt werden (Pr > F: 0,0222). Möglicherweise unterschieden sich die beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakte in ihrer biologischen Zusammensetzung voneinander und hatten aus diesem Grund einen variierenden Effekt auf den Rohfasergehalt. Die unterschiedlichen Dosierungen der tanninhaltigen Pflanzenextrakte (Pr > F: 0,1811) und der Kombinationseffekt aus Produkt und Menge (Pr > F: 0,0962) hatten bei diesen Untersuchungen keinen Einfluss auf den Rohfasergehalt.

Beim Rohfettgehalt konnten nach 180 Siliertagen bei einer durchschnittlichen TM der Silagen von 43 % statistische Unterschiede nachgewiesen werden, verursacht durch die eingesetzten Tanninquellen (Quebracho und Mimosa; Adj. P: 0,0053), hingegen hatten die differierenden Tanninmengen keinen Einfluss (Pr > F: 0,8812) und auch der Kombinationseffekt hatte keinen beeinflussenden Effekt auf den Rohfettgehalt (Pr > F: 0,1080).

**Tabelle 50: Rohnährstoffgehalte sowie Faserfraktionen der Luzerne- sowie Hornkleesilagen mit durchschnittlich 43 % Trockenmasse in Abhängigkeit der Silierdauer (90 Siliertage (n=3) und 180 Siliertage (n=4))**

Pflanzen- material	Variante	TM	Roh- asche	Roh- protein	Roh- faser	Roh- fett	aNDF om	ADF om	ADL
		g/kg	g/kg TM						
Nach 90 Siliertagen und einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 % (n=3)									
Luzerne	CON	405 <sup>±17,0</sup>	151 <sup>±5,3</sup>	160 <sup>±8,8</sup>	271 <sup>±9,3</sup>	31 <sup>±2,05</sup>	361 <sup>±12</sup>	312 <sup>±9</sup>	50 <sup>±2</sup>
	QUE 0,5	397 <sup>±89,0</sup>	154 <sup>±4,1</sup>	155 <sup>±8,2</sup>	290 <sup>±11,4</sup>	26 <sup>±2,49</sup>	405 <sup>±18</sup>	331 <sup>±9</sup>	56 <sup>±3</sup>
	QUE 1,5	475 <sup>±6,5</sup>	149 <sup>±8,04</sup>	155 <sup>±6,7</sup>	277 <sup>±20,8</sup>	27 <sup>±4,55</sup>	389 <sup>±40</sup>	325 <sup>±24</sup>	56 <sup>±7</sup>
	QUE 3	488 <sup>±14,2</sup>	157 <sup>±2,92</sup>	160 <sup>±3,3</sup>	263 <sup>±16,6</sup>	25 <sup>±2,80</sup>	387 <sup>±14</sup>	312 <sup>±17</sup>	57 <sup>±3</sup>
	MIM 0,5	408 <sup>±29,0</sup>	168 <sup>±3,30</sup>	161 <sup>±8,0</sup>	271 <sup>±22,6</sup>	30 <sup>±2,49</sup>	375 <sup>±39</sup>	306 <sup>±20</sup>	53 <sup>±6</sup>
	MIM 1,5	385 <sup>±0,5</sup>	147 <sup>±7,59</sup>	163 <sup>±2,4</sup>	277 <sup>±12,4</sup>	30 <sup>±3,30</sup>	380 <sup>±18</sup>	320 <sup>±12</sup>	56 <sup>±3</sup>
	MIM 3	393 <sup>±3,7</sup>	148 <sup>±15,3</sup>	163 <sup>±4,4</sup>	270 <sup>±7,1</sup>	29 <sup>±1,25</sup>	382 <sup>±16</sup>	316 <sup>±7</sup>	55 <sup>±2</sup>
	FAR 3*	402 <sup>±0,6</sup>	154 <sup>±5,68</sup>	157 <sup>±8,4</sup>	277 <sup>±13,2</sup>	28 <sup>±1,48</sup>	408 <sup>±17</sup>	320 <sup>±12</sup>	56 <sup>±4</sup>
Hornklee	HOR	452 <sup>±21,6</sup>	86 <sup>±2,05</sup>	194 <sup>±0,8</sup>	273 <sup>±4,3</sup>	25 <sup>±0,94</sup>	373 <sup>±19</sup>	314 <sup>±4</sup>	49 <sup>±2</sup>
Nach 180 Siliertagen und einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 % (n=4)									
Luzerne	CON	427 <sup>±13,8</sup>	166 <sup>±5,7</sup>	157 <sup>±5,7</sup>	275 <sup>±2,68</sup>	30 <sup>±0,56</sup>	373 <sup>±8</sup>	316 <sup>±3</sup>	50 <sup>±1</sup>
	QUE 0,5	438 <sup>±13,6</sup>	155 <sup>±8,9</sup>	160 <sup>±6,5</sup>	285 <sup>±4,67</sup>	27 <sup>±2,11</sup>	386 <sup>±4</sup>	329 <sup>±8</sup>	55 <sup>±1</sup>
	QUE 1,5**	421 <sup>±5,1</sup>	168 <sup>±5,0</sup>	152 <sup>±6,8</sup>	275 <sup>±13,2</sup>	27 <sup>±3,1</sup>	391 <sup>±26</sup>	324 <sup>±11</sup>	56 <sup>±4</sup>
	QUE 3 ***	485 <sup>±4,9</sup>	150 <sup>±3,4</sup>	155 <sup>±1,9</sup>	284 <sup>±12,1</sup>	25 <sup>±2,63</sup>	410 <sup>±21</sup>	331 <sup>±14</sup>	59 <sup>±4</sup>
	MIM 0,5	429 <sup>±29,3</sup>	159 <sup>±10,5</sup>	163 <sup>±5,6</sup>	261 <sup>±9,9</sup>	31 <sup>±1,60</sup>	346 <sup>±11</sup>	305 <sup>±10</sup>	50 <sup>±1</sup>
	MIM 1,5	388 <sup>±3,6</sup>	160 <sup>±4,2</sup>	161 <sup>±4,4</sup>	287 <sup>±11,0</sup>	29 <sup>±1,97</sup>	400 <sup>±18</sup>	329 <sup>±11</sup>	57 <sup>±2</sup>
	MIM 3	393 <sup>±0,9</sup>	148 <sup>±6,4</sup>	158 <sup>±10,7</sup>	261 <sup>±10,9</sup>	33 <sup>±2,31</sup>	373 <sup>±22</sup>	308 <sup>±11</sup>	54 <sup>±3</sup>

CON: Kontrolle, QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho, QUE 3: 3 % Quebracho, MIM 0,5: 0,5 % Mimosa, MIM 1,5: 1,5 % Mimosa, Mim 3: 3 % Mimosa

\* n=4; \*\* n=2; \*\*\*n=3

Die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte beeinflussten die aNDFom nach 180 Siliertagen ( $Pr > F: 0,02383$ ) und auch die eingesetzten Tanninmengen hatten einen Einfluss ( $Pr > F: 0,0367$ ). Der Kombinationseffekt aus beidem beeinflusste die aNDFom nicht ( $Pr > F: 0,1026$ ). Unterschiede bezüglich des aNDFom konnten zwischen den Varianten Mimosa 0,5 und Mimosa 1,5 ( $Pr > F: 0,0229$ ) sowie Mimosa 0,5 und Quebracho 3 ( $Pr > F: 0,0110$ ) festgestellt werden. Die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte Mimosa und Quebracho hatten einen unterschiedlichen Einfluss auf die ADFom ( $Pr > F: 0,0310$ ), hingegen hatten die unterschiedlichen Einsatzmengen der Extrakte ( $Pr > F: 0,4329$ ) und der Kombinationseffekt aus Produkt und Menge ( $Pr > F: 0,1163$ ) keinen Einfluss. Die beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft hatten keinen Einfluss auf das ADL ( $Pr > F: 0,0672$ ), wohingegen die unterschiedlichen Einsatzmengen ( $Pr > F: 0,0499$ ) einen Einfluss hatten. Der Kombinationseffekt aus Produkt und Menge hatte hingegen keinen Einfluss ( $Pr > F: 0,2701$ )<sup>55</sup>.

#### 5.8.2.2 Umsetzbare Energie und Nettoenergie-Laktation

Die Energiegehalte als Umsetzbare Energie sowie Nettoenergie-Laktation waren in den Versuchssilagen auf einem ähnlichen Niveau. Die Standardabweichungen sind innerhalb der Wiederholungen einer Variante gering. Einen Überblick über den Öffnungstermine nach 180 Siliertagen befindet sich in Tabelle 51 und im Anhang Tabelle 84 sind alle Öffnungstermine sowie die einzelnen Wiederholungen der Varianten dargestellt.

**Tabelle 51: Ergebnisse der Kalkulation der Umsetzbaren Energie (ME in MJ/kg TM) und Nettoenergie-Laktation (NEL in MJ/kg TM) der Luzernesilagen mit durchschnittlich 352 und 427 g/kg (n=4) Trockenmasse nach 180 Siliertagen**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3
<b>TM (Ø 35 %)</b>	349 <sup>±0,8</sup>	353 <sup>±7,0</sup>	363 <sup>±7,3</sup>	382 <sup>±19,8</sup>	346 <sup>±7,7</sup>	349 <sup>±2,9</sup>	349 <sup>±8,8</sup>
<b>ME</b>	8,2 <sup>±0,1</sup>	8,2 <sup>±0,2</sup>	8,2 <sup>±0,1</sup>	8,4 <sup>±0,3</sup>	8,1 <sup>±0,3</sup>	8,2 <sup>±0,1</sup>	8,3 <sup>±0,2</sup>
<b>NEL</b>	4,8 <sup>±0,0</sup>	4,8 <sup>±0,1</sup>	4,8 <sup>±0,1</sup>	4,9 <sup>±0,2</sup>	4,7 <sup>±0,2</sup>	4,7 <sup>±0,2</sup>	4,8 <sup>±0,1</sup>
<b>TM (Ø 43 %)</b>	427 <sup>±13,8</sup>	438 <sup>±13,6</sup>	421 <sup>±5,1 *</sup>	485 <sup>±4,9 *</sup>	429 <sup>±29,3</sup>	388 <sup>±3,6</sup>	393 <sup>±0,9</sup>
<b>ME</b>	8,2 <sup>±0,2</sup>	8,7 <sup>±0,6</sup>	8,2 <sup>±0,2 *</sup>	8,2 <sup>±0,3 *</sup>	8,2 <sup>±0,1</sup>	8,4 <sup>±0,1</sup>	8,0 <sup>±0,1</sup>
<b>NEL</b>	4,8 <sup>±0,0</sup>	4,8 <sup>±0,1</sup>	4,8 <sup>±0,1 *</sup>	4,8 <sup>±0,2*</sup>	4,9 <sup>±0,1</sup>	4,8 <sup>±0,1</sup>	5 <sup>±0,1</sup>

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho;

MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa

\*n=3

Nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 35 % (Auswertung ohne Kontrolle) konnten sowohl bei der Umsetzbaren Energie als auch bei der Nettoenergie-

<sup>55</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.



Laktation keine Einflüsse der tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft und der Tanninmenge sowie dem Kombinationseffekt aus Produkt und Menge festgestellt werden.

Bei einer TM von durchschnittlich 43 % hatten die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Mimosa und Quebracho) Einflüsse auf die Nettoenergie-Laktation (Adj. P: 0,0169). Bei der Umsetzbaren Energie existierten ebenfalls Unterschiede zwischen Mimosa und Quebracho (Adj. P: 0,0142). Die verschiedenen Tanninmengen, die in den Silierversuchen eingesetzt wurden, hatten keinen Einfluss auf die Nettoenergie-Laktation ( $Pr > F$ : 0,1313) sowie auf die Umsetzbare Energie ( $Pr > F$ : 0,0714) und auch der Kombinationseffekt beeinflusst die Nettoenergie-Laktation ( $Pr > F$ : 0,5126) sowie auf die Umsetzbare Energie ( $Pr > F$ : 0,5364) nicht (Auswertung jeweils ohne Kontrolle).

#### 5.8.2.3 Hohenheimer Futterwerttest

Der Hohenheimer Futterwerttest (HFT) wurde nicht bei allen Versuchssilagen durchgeführt. Nach 90 Siliertagen bei einer TM von durchschnittlich 43 % wurden alle Silagen untersucht (siehe Tabelle 52). Eine Übersicht über alle untersuchten Varianten liefert die Tabelle 84 im Anhang.

Bei der statistischen Auswertung (Betrachtung ohne Kontrolle, Farmatan® sowie Hornklee) der beiden eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft zeigte sich, dass sie in ihrer Wirkung auf die Gasbildung ausgegeben mittels des Hohenheimer Futterwerttests einen unterschiedlichen Einfluss hatten ( $Pr > F$ : 0,0332). Die eingesetzten Tanninmengen hatten keine Wirkung auf die Gasbildung ( $Pr > F$ : 0,4280) genauso wie der Kombinationseffekt aus Produkt und Menge ( $Pr > F$ : 0,1185).

**Tabelle 52: Ergebnisse des Hohenheimer Futterwerttests (HFT in ml/200g TM) nach 90 Siliertagen (n=3) der Luzernesilagen mit einem durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 43 %**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3	FAR	HOR
TM	427 $\pm$ 13,8	438 $\pm$ 13,6	421 $\pm$ 5,1	485 $\pm$ 4,9	429 $\pm$ 29,3	388 $\pm$ 3,6	393 $\pm$ 0,9	402 $\pm$ 0,7	452 $\pm$ 22,5
HFT	35,2 $\pm$ 0,77	34,3 $\pm$ 0,18	34,8 $\pm$ 0,01	34,7 $\pm$ 1,13 *	34,6 $\pm$ 1,02	32,6 $\pm$ 0,58	32,9 $\pm$ 0,51	34,3 $\pm$ 1,66	38,2 $\pm$ 22,04

\*n=2; CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa; FAR: Farmatan; HOR: Hornklee

#### 5.8.3 Proteinqualität im Verlauf

Die Proteinqualität setzt sich aus der Proteinlöslichkeit, dem Anteil an pansenstabilem Protein und den einzelnen Rohproteinfraktionen zusammen. Außerdem ist der NH<sub>3</sub>-N-Gehalt eine

Kenngröße für diesen Parameter, der bereits im Unterkapitel 5.8.1.2 beschrieben wurde. Im Folgenden sollen weitere Parameter der Proteinqualität ausgewertet werden und die Fragen beantwortet werden, ob die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss auf die Proteinqualität haben, inwiefern die bei der Silierung stattfindende Proteolyse beeinflusst wird und wenn ja, zu welchem Zeitpunkt die Proteolyse beeinflusst wird. Des Weiteren ist von Interesse, ob Unterschiede im Ausmaß der Beeinflussung zwischen den tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft gemacht werden können und ab welcher zugesetzten Menge ein Effekt auf die Proteolyse messbar ist.

Die Gehalte der verschiedenen Parameter der Proteinqualität der einzelnen Siliervarianten zu den Öffnungsterminen befindet sich im Anhang Tabelle 86.

#### 5.8.3.1 Proteinlöslichkeit

Die Proteinlöslichkeit der Silagen nach 180 Siliertagen ist in der Tabelle 53 dargestellt. Die Daten aller Silagen befindet sich in Tabelle 86.

**Tabelle 53: Proteinlöslichkeit (in %) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) der Luzernesilagen nach 180 Siliertagen mit durchschnittlich 35 % und 43 % Trockenmasse**

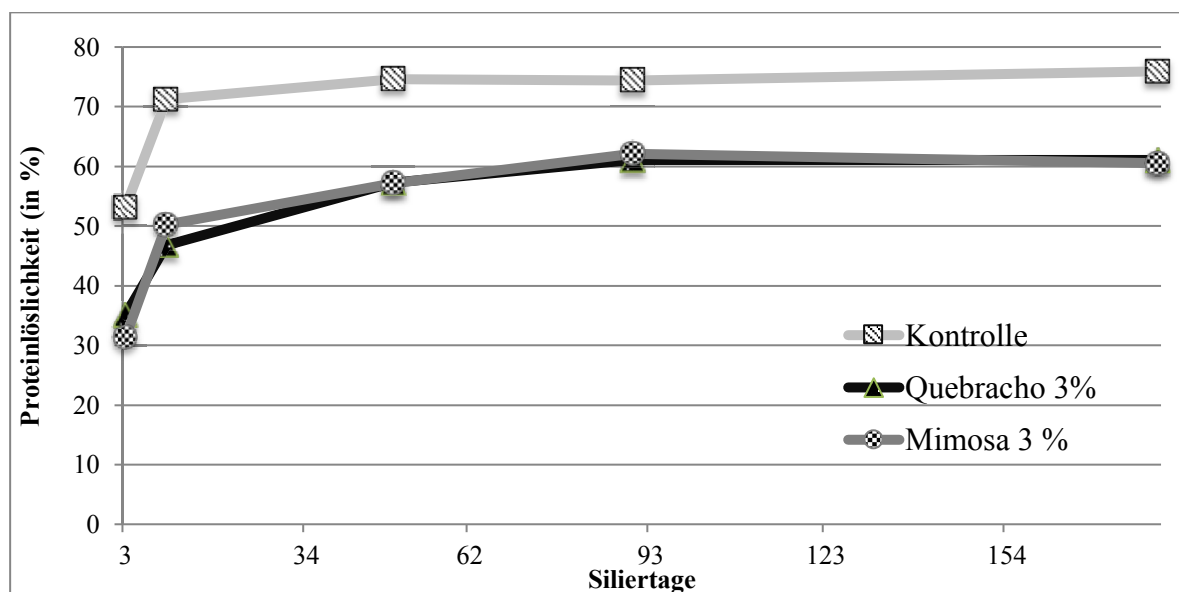
	Kontrolle	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM3
<b>Proteinlöslichkeit</b>							
<b>bei 35 % TM</b>	75,9 <sup>±1,53</sup>	70,4 <sup>±1,23</sup>	70,6 <sup>±2,19</sup>	62,0 <sup>±8,00</sup>	72,2 <sup>±1,78</sup>	65,2 <sup>±3,26</sup>	60,5 <sup>±4,89</sup>
<b>bei 43 % TM</b>	73,2 <sup>±2,71</sup>	72,2 <sup>±2,74</sup>	65,9 <sup>±5,69</sup>	62,4 <sup>±3,80</sup>	69,3 <sup>±2,39</sup>	68,9 <sup>±1,88</sup>	64,1 <sup>±1,48</sup>

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho; MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; MIM 3: 3 % Mimosa

In Tabelle 53 ist zu erkennen, dass die Kontrolle nach 180 Siliertagen die höchste Proteinlöslichkeit aufwies und die beiden Varianten mit jeweils 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt die geringste Proteinlöslichkeit. Die Proteinlöslichkeit war in den Varianten mit der höheren TM überwiegend geringer. Bei der Variante mit 3 % Quebracho und einer durchschnittlichen TM innerhalb der Versuchsserie mit 35 % war die Standardabweichung mit acht Prozent am höchsten.

Die Proteinlöslichkeit nach 180 Siliertagen und einer TM von durchschnittlich 35 sowie 43 % wurde durch die Tanninmenge beeinflusst. Bei den Varianten mit 35 % TM unterschieden sich die Varianten mit 0,5 und 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt signifikant voneinander (Adj. P: 0,0175). Bei der TM-Stufe von durchschnittlich 43 % existierte ein signifikanter Unterschied zwischen den eingesetzten Tanninmengen 0,5 und 3 % (Adj. P: 0,0004) und 1,5 und 3 % (Adj. P: 0,0049). Die Tanninmengen 0,5 und 1,5 % unterschieden sich in ihrer Wirkung auf die Proteinlöslichkeit nicht (Adj. P: 0,6709).

In der Abbildung 26 ist die Proteinlöslichkeit der Kontrolle und der Varianten mit 3 % Quebracho und 3 % Mimosa im zeitlichen Verlauf über die fünf Öffnungstermine dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Proteinlöslichkeit der beiden tanninhaltigen Silagen gegenüber der Kontrolle reduziert war. Die beiden tanninhaltigen Silagen unterschieden sich bezüglich der Proteinlöslichkeit kaum. Außerdem ist in der Abbildung 26 zu erkennen, dass die Proteinlöslichkeit in den ersten 10 Tagen der Silierung stark zunahm. Nach dieser Zeit war dieser Prozess zwar nicht beendet, lief aber deutlich langsamer ab.



**Abbildung 26: Proteinlöslichkeit (bestimmt auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) der Kontrolle sowie der Varianten mit 3 % Quebracho und 3 % Mimosa über alle Öffnungstermine (nach 3, 10, 49, 90 und 180 Tagen) bei einer durchschnittlichen Trockenmasse der Silagen von 35 %**

#### 5.8.3.2 Pansenstabiles Protein

In Tabelle 54 sind die UDP5-Gehalte<sup>56</sup> nach 180 Siliertagen beider TM dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in der Variante mit der geringeren TM (35 %) verglichen mit der Variante mit der höheren TM (43 %) die Differenz zwischen Kontrolle und den tanninhaltigen Varianten größer war.

Die statistische Auswertung (ohne Kontrolle) ergab für die Varianten mit einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 35 % einen signifikanten Einfluss der eingesetzten Tanninmenge auf den UDP5-Gehalt (Adj. P: 0,0007). Es unterschieden sich die Tanninmenge 0,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0010) sowie 1,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0025). Keine Unterschiede konnten zwischen den Gehalten 0,5 % und 1,5 % in diesem Versuch festgestellt werden (Adj.

<sup>56</sup> Drei verschiedene Passageraten (2 %/h, 5 %/h, 8 %/h) des UDP-Gehaltes aus dem Pansen können berechnet werden (SHANNAK et al., 2000)

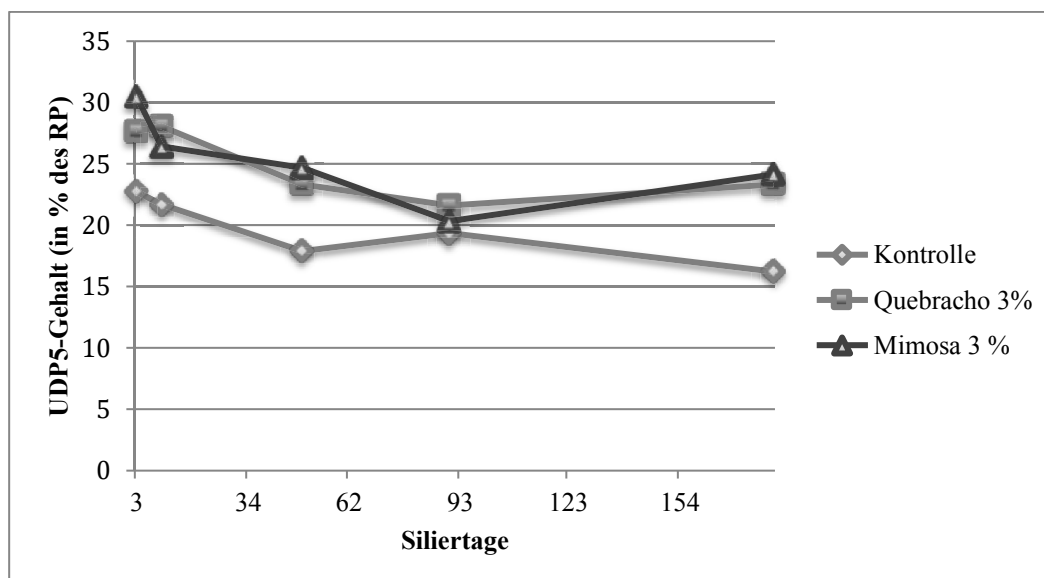
P: 0,9060). Ein Effekt auf den UDP5-Gehalt, der auf die botanische Herkunft der verwendeten tanninhaltigen Pflanzenextrakte zurückzuführen ist, konnte nicht festgestellt werden (Adj. P: 0,6996). Es konnte auch kein Effekt festgestellt werden, der durch den Kombinationseffekt zu erklären ist ( $Pr > F$ : 0,4233).

Auf den UDP5-Gehalt nach 180 Siliertagen und einer TM von durchschnittlich 43 % hatten weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte ( $Pr > F$ : 0,4834), die eingesetzten Tanninmengen ( $Pr > F$ : 0,4457) noch der Kombinationseffekt aus beidem ( $Pr > F$ : 0,5302) einen Einfluss.

**Tabelle 54: UDP5-Gehalt der Versuchsilagen nach 180 Siliertagen (in % des RP) auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) beider Trockenmassestufen**

Trockenmassestufe	35 %	43 %
Kontrolle	16,2 $\pm$ 1,79	20,5 $\pm$ 1,77
Quebracho 0,5	20,3 $\pm$ 1,61	20,7 $\pm$ 3,05
Quebracho 1,5	19,5 $\pm$ 1,29	22,8 $\pm$ 2,94
Quebracho 3	23,8 $\pm$ 1,02	23,3 $\pm$ 1,14
Mimosa 0,5	19,3 $\pm$ 1,24	21,5 $\pm$ 2,99
Mimosa 1,5	21,0 $\pm$ 2,42	19,7 $\pm$ 0,71
Mimosa 3	24,2 $\pm$ 2,20	22,7 $\pm$ 3,00

In der Abbildung 27 ist der Verlauf der UDP5-Gehalte der Kontrolle sowie der beiden Varianten mit 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Quebracho und Mimosa) dargestellt. Zu erkennen ist, dass in den ersten Tagen der Silierung der Gehalt des pansenstabilen Proteins in allen Varianten abnahm, jedoch in der Kontrolle die höchste Abnahme festzustellen war. Die beiden Varianten mit 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Quebracho und Mimosa) hatten bezüglich des UDP5-Gehaltes einen vergleichbaren Verlauf. Diese Beobachtung lässt sich auch an den Einzeldaten über alle Öffnungstermine, wie im Abschnitt Material und Methoden beschrieben, erkennen (siehe Anhang Tabelle 86).



**Abbildung 27: UDP5-Gehalte der Kontrolle sowie der Varianten mit 3 % Mimosa und Quebracho über die Öffnungstermine (nach 3, 10, 49, 90 und 180 Siliertagen) der Silagevariante mit durchschnittlich 35 % Trockenmasse**

#### 5.8.3.3 Fasergebundenes Protein

Das PNDF war bei beiden TM-Stufen nach 180 Siliertagen weder durch die Tanninprodukte unterschiedlicher botanischer Herkunft (35 % TM:  $Pr > F: 0,6229$ ; 43% TM:  $Pr > F: 0,2668$ ), noch durch die eingesetzten Tanninmengen (35 % TM:  $Pr > F: 0,0854$ ; 43% TM:  $Pr > F: 0,1504$ ) oder einem Kombinationseffekt (35 % TM:  $Pr > F: 0,8347$ ; 43% TM:  $Pr > F: 0,6563$ ) aus beidem beeinflusst (Auswertung ohne Kontrolle). Die PNDF-Gehalte nach 180 Siliertagen sind in Tabelle 55 dargestellt.

**Tabelle 55: Gehalte der Protein-Neutrale-Detergenzien-Faser bestimmt auf Basis der Hausmethode Enquete 342 M (RICHARDT 2003) nach 180 Siliertagen über beide Trockenmassestufen (35 und 43 % TM)**

Trockenmassestufe	35 %	43 %
Kontrolle	429 $\pm$ 11,59	432 $\pm$ 8,55
Quebracho 0,5	452 $\pm$ 13,19	430 $\pm$ 24,16
Quebracho 1,5	433 $\pm$ 13,19	443 $\pm$ 7,96
Quebracho 3	440 $\pm$ 16,01	435 $\pm$ 7,65
Mimosa 0,5	454 $\pm$ 10,57	428 $\pm$ 13,66
Mimosa 1,5	441 $\pm$ 10,56	437 $\pm$ 8,23
Mimosa 3	440 $\pm$ 5,79	421 $\pm$ 5,01

#### 5.8.3.4 Rohproteinfraktionen

Der Umfang der Beeinflussung der Proteolyse beschränkte sich auf die Rohproteinfraktionen<sup>57</sup> A und B2 (siehe Tabelle 56) und war nach 180 Siliertagen bei einer TM von durchschnittlich 35 % nicht von den eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft (Mimosa oder Quebracho) beeinflusst. Unterschiede in der Tanninmenge wurden bei der Rohproteinfraktion A zwischen 0,5 % und 3 % (Pr > F: < 0,0001) und 1,5 % und 3 % (Pr > F: 0,0001) sowie bei der Rohproteinfraktion B2 zwischen 0,5 % und 3 % (Pr > F: < 0,0001) und 1,5 % und 3 % (Pr > F: 0,085) ermittelt<sup>58</sup> (siehe Tabelle 56). Demnach schien die biologische Variabilität, die zwischen den beiden Tanninprodukten aufgrund ihrer unterschiedlichen botanischen Herkunft existierte, unerheblich zu sein. Mimosa hatte gegenüber Quebracho einen wesentlich höheren Gehalt kondensierter Tannine (24 gegenüber 13 %).

Nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 43 % konnten Unterschiede im Einfluss der beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakten Mimosa und Quebracho (Adj. P: 0,0337) bei der Rohproteinfraktion B1 festgestellt werden. Folgende Unterschiede bezüglich des Einflusses auf die verschiedenen Rohproteinfraktionen durch die eingesetzten Tanninmengen wurden ermittelt:

Rohproteinfraktion A:	0,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0002)
	1,5 % und 3 % (Adj. P: < 0,0001)
Rohproteinfraktion B1	1,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0026)
Rohproteinfraktion B2	0,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0108)
	1,5 % und 3 % (Adj. P: 0,0032) <sup>59</sup>

Bei der Rohproteinfraktion B3 und C konnten keine Unterschiede zwischen den eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakten, den variierenden Tanninmengen sowie dem Kombinationseffekt festgestellt werden (siehe Tabelle 56).

---

<sup>57</sup> Rohproteinfraktionen: A: Sofort abbaubar zu NH<sub>3</sub>; B1: Schnell abbaubar zu NH<sub>3</sub>; B2: Potentiell vollständig abbaubar; B3: Langsamer Abbau, nicht unbedingt vollständiger Abbau; C: Unverdaulich (Im Pansen und im Dünndarm nicht verfügbar)

<sup>58</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

<sup>59</sup> Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde die statistische Auswertung zur Sicherung des Unterschieds zwischen den Varianten ohne die Kontrolle, Farmatan® oder Hornklee durchgeführt.

**Tabelle 56: Statistische Einflüsse auf die einzelnen Rohproteinfraktionen der Silagen mit einem TM-Gehalt von 35 % und 43 % nach 180 Siliertagen durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte, die eingesetzten Tanninmengen sowie dem Kombinationseffekt**

	Einfluss des tanninhaltigen Pflanzenextrakte	Einfluss der eingesetzten Tanninmengen	Einfluss des Kombinationseffektes
<b>TM 35%</b>			
Rohproteinfraktion A	Pr > F: 0,6142	Pr > F: < 0,0001	Pr > F: 0,4635
Rohproteinfraktion B1	Pr > F: 0,9112	Pr > F: 0,3310	Pr > F: 0,2075
Rohproteinfraktion B2	Pr > F: 0,4441	Pr > F: < 0,0001	Pr > F: 0,3747
Rohproteinfraktion B3	Pr > F: 0,6202	Pr > F: 0,7492	Pr > F: 0,8708
Rohproteinfraktion C	Pr > F: 0,7490	Pr > F: 0,6534	Pr > F: 0,7623
<b>TM 43 %</b>			
Rohproteinfraktion A	Pr > F: 0,6813	Pr > F: < 0,0001	Pr > F: 0,9640
Rohproteinfraktion B1	Pr > F: 0,0337	Pr > F: 0,0037	Pr > F: 0,3791
Rohproteinfraktion B2	Pr > F: 0,1866	Pr > F: 0,0023	Pr > F: 0,9605
Rohproteinfraktion B3	Pr > F: 0,1785	Pr > F: 0,2100	Pr > F: 0,6673
Rohproteinfraktion C	Pr > F: 0,7114	Pr > F: 0,9363	Pr > F: 0,6549

Die durchschnittlichen Werte der einzelnen Rohproteinfraktion in g/kg RP nach 180 Siliertagen beider TM-Stufen sind in der nachstehenden Tabelle 57 dargestellt.

**Tabelle 57: Trockenmassegehalt (TM), Rohproteingehalt (RP) und Rohproteinfraktionierung (A, B1, B2, B3, C) nach 180 Siliertagen der einzelnen Varianten sowie der Kontrolle in Abhängigkeit von der Trockenmasse (n=4)**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3
<b>Trockenmasse von 35 % (n=4)</b>							
TM(g/kg)	349 <sup>±0,8</sup>	353 <sup>±7,0</sup>	363 <sup>±7,3</sup>	382 <sup>±19,8</sup>	346 <sup>±7,7</sup>	349 <sup>±2,9</sup>	349 <sup>±8,8</sup>
RP (g/kg TM)	161 <sup>±0,3</sup>	153 <sup>±5,5</sup>	158 <sup>±8,3</sup>	153 <sup>±5,8</sup>	157 <sup>±4,1</sup>	158 <sup>±3,8</sup>	153 <sup>±5,8</sup>
<b>Rohproteinfraktionen (g/kg RP)</b>							
A	695 <sup>±25,8</sup>	648 <sup>±33,2</sup>	638 <sup>±10,9</sup>	533 <sup>±35,5</sup>	647 <sup>±19,6</sup>	606 <sup>±33,2</sup>	543 <sup>±13,9</sup>
B1	17 <sup>±11,0</sup>	19 <sup>±11,7</sup>	23 <sup>±13,7</sup>	25 <sup>±21,8</sup>	31 <sup>±6,1</sup>	8 <sup>±5,5</sup>	25 <sup>±5,5</sup>
B2	218 <sup>±13,5</sup>	243 <sup>±19,5</sup>	243 <sup>±53,2</sup>	352 <sup>±12,8</sup>	243 <sup>±22,8</sup>	292 <sup>±41,4</sup>	336 <sup>±20,6</sup>
B3	28 <sup>±13,6</sup>	38 <sup>±24,1</sup>	51 <sup>±48,7</sup>	37 <sup>±2,2</sup>	29 <sup>±13,7</sup>	43 <sup>±13,5</sup>	37 <sup>±2,9</sup>
C	42 <sup>±10,3</sup>	51 <sup>±3,5</sup>	51 <sup>±2,5</sup>	52 <sup>±2,2</sup>	51 <sup>±4,0</sup>	51 <sup>±4,6</sup>	54 <sup>±10,0</sup>
<b>Trockenmasse von 43 % (n=4)</b>							
TM(g/kg)	427 <sup>±13,8</sup>	438 <sup>±13,6</sup>	421 <sup>±5,1</sup>	485 <sup>±4,9</sup>	429 <sup>±29,3</sup>	388 <sup>±3,6</sup>	393 <sup>±0,9</sup>
RP (g/kg TM)	157 <sup>±5,7</sup>	160 <sup>±6,5</sup>	152 <sup>±6,8</sup>	155 <sup>±1,9</sup>	163 <sup>±5,6</sup>	161 <sup>±4,4</sup>	158 <sup>±10,7</sup>
<b>Rohproteinfraktionen (g/kg RP)</b>							
A	643 <sup>±14,0</sup>	617 <sup>±16,3</sup>	630 <sup>±14,0</sup>	557 <sup>±19,9</sup>	618 <sup>±14,9</sup>	635 <sup>±18,6</sup>	563 <sup>±19,9</sup>
B1	24 <sup>±18,0</sup>	34 <sup>±1,4</sup>	20 <sup>±2,0</sup>	36 <sup>±8,4</sup>	20 <sup>±6,8</sup>	12 <sup>±8,3</sup>	33 <sup>±7,3</sup>
B2	258 <sup>±11,4</sup>	270 <sup>±18,4</sup>	257 <sup>±9,3</sup>	309 <sup>±31,6</sup>	284 <sup>±14,6</sup>	274 <sup>±10,8</sup>	319 <sup>±15,0</sup>
B3	19 <sup>±13,6</sup>	24 <sup>±24,1</sup>	32 <sup>±48,7</sup>	40 <sup>±2,2</sup>	21 <sup>±13,7</sup>	27 <sup>±13,5</sup>	27 <sup>±2,9</sup>
C	56 <sup>±8,8</sup>	55 <sup>±12,5</sup>	60 <sup>±11,5</sup>	58 <sup>±2,2</sup>	58 <sup>±11,5</sup>	52 <sup>±3,8</sup>	58 <sup>±7,3</sup>

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho;

MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; Mim 3: 3 % Mimosa

Varianten: QUE 1,5 bei 43 % TM: n=2; Variante QUE 3 bei 43 % TM: n=3

Die bisherige Darstellung bezog sich auf die Varianten mit Quebracho und Mimosa und einem jeweiligen Zusatz von 0,5 %, 1,5 % und 3 % bezogen auf die TM des Pflanzenmaterials. Im Folgenden werden nun die Varianten Hornklee, Farmatan®, Mimosa sowie Quebracho mit einem Zusatz von 3 % bezogen auf die TM des Pflanzenmaterials in ihrer Wirkung auf die einzelnen Rohproteinfraktionen mit der Kontrolle verglichen.

In Tabelle 58 zeigt sich, dass in der Rohproteinfraktion A, B2 sowie C nur signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle und der Variante mit 3 % Quebracho (bei Auswertung mit dem t-Test) existierten. In der Fraktion B1 konnten keine statistischen Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Unterschiede bei der Rohproteinfraktion B3 existierten zwischen der Kontrolle und Hornklee, Kontrolle und Mimosa 3 %, Quebracho 3 % und Hornklee sowie Quebracho 3 % und Mimosa 3 %. Bei der Betrachtung des pansenstabilen Proteins (UDP5) konnten Unterschiede zwischen der Kontrolle und Quebracho 3 % sowie Hornklee und Quebracho 3 % festgestellt werden.

**Tabelle 58: Ergebnisse der Rohproteinfraktionierung (in g/kg TM) sowie den UDP5-Gehalten (in g/kg TM) der Varianten mit Hornklee und mit Luzerne mit den Zusätzen Farmatan® 3 %, Mimosa 3 % sowie Quebracho 3 % und einer Nullvariante (Kontrolle) nach 90 Siliertagen und einer durchschnittlichen Trockenmasse von 43 %**

Rohproteinfraktionen in g/kg RP	Kontrolle	Hornklee	Farmatan® 3%	Mimosa 3 %	Quebracho 3 %
<b>Rohprotein</b>	160 <sup>±8,4</sup>	195 <sup>±0,8</sup>	158 <sup>±8,4</sup>	163 <sup>±4,4</sup>	160 <sup>±3,3</sup>
<b>Fraktion A</b>	678 <sup>±9,1 b</sup>	592 <sup>±49,2 ab</sup>	578 <sup>±13,6 ab</sup>	588 <sup>±23,8 ab</sup>	538 <sup>±94,3 a</sup>
<b>Fraktion B1</b>	20 <sup>±9,5 a</sup>	27 <sup>±25,6 a</sup>	12 <sup>±7,6 a</sup>	19 <sup>±3,8 a</sup>	23 <sup>±8,0 a</sup>
<b>Fraktion B2</b>	232 <sup>±11,1 a</sup>	272 <sup>±50,3 ab</sup>	321 <sup>±22,7 ab</sup>	285 <sup>±38,8 ab</sup>	353 <sup>±80,1 b</sup>
<b>Fraktion B3</b>	22 <sup>±3,4 a</sup>	55 <sup>±23,1 b</sup>	38 <sup>±11,2 ab</sup>	57 <sup>±15,5 b</sup>	25 <sup>±12,3 a</sup>
<b>Fraktion C</b>	48 <sup>±1,9 a</sup>	53 <sup>±5,8 ab</sup>	51 <sup>±4,8 ab</sup>	51 <sup>±5,4 ab</sup>	61 <sup>±8,2 b</sup>
<b>UDP5</b>	176 <sup>±5,7 a</sup>	168 <sup>±19,8 a</sup>	217 <sup>±14,6 ab</sup>	205 <sup>±12,7 ab</sup>	241 <sup>±45,0 b</sup>

ab: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = < 0,05$ ; t-Test)

#### 5.8.3.5 Zusammenfassung der Proteinqualität

Die Proteinlöslichkeit wurde durch den Einsatz von 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt reduziert. Die botanische Herkunft der beiden getesteten Produkte hatte keinen Einfluss. Auch bezüglich des pansenstabilen Proteins hatte nur die eingesetzte Tanninmenge einen Einfluss, nicht die botanische Herkunft der tanninhaltigen Pflanzenextrakte.

Bei der Betrachtung der Proteinlöslichkeit sowie des pansenstabilen Proteins war zu erkennen, dass der größte Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf diese beiden Parameter innerhalb der ersten Siliertage stattfand. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass der größte Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte bei der niedrigeren TM-Stufe existierte. Die genannten Punkte bestätigten sich ebenfalls bei der Betrachtung der Rohproteinfraktionen. Die Rohproteinfraktion A wurde durch den Einsatz von 3 %



tanninhaltigem Pflanzenextrakt reduziert, im Gegensatz zu der Rohproteinfraktion B2, deren prozentualer Anteil am Rohprotein in den Varianten mit 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt verglichen mit den Varianten mit einem Zusatz von 0,5 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt sowie der Kontrolle erhöht war.

Bei der Betrachtung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte Mimosa und Quebracho unter Einbeziehung von Farmatan® mit einem Zusatz von jeweils 3 % bezogen auf die TM konnte festgestellt werden, dass Farmatan® keinen signifikanten Einfluss auf die Rohproteinfraktionen hat und Mimosa nur auf die Rohproteinfraktion B3. Der größte Effekt gegenüber der Kontrolle auf die Rohproteinfraktionen konnte bei Quebracho festgestellt werden.

#### 5.8.4 Nutzbares Rohprotein am Duodenum und ruminale N-Bilanz

Im Folgenden soll bezüglich des Nutzbaren Rohproteins den Fragen nachgegangen werden, ob das Rohprotein durch den Einsatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte während der Silierung am Duodenum zur Verfügung steht oder ob der Anteil durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte stark abnimmt. Existieren Unterschiede zwischen den beiden eingesetzten Pflanzenextrakten und welchen Einfluss hat die eingesetzte Menge der tanninhaltigen Pflanzenextrakte? Von weiterem Interesse ist der Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft auf die ruminale N-Bilanz und somit auf die N-Versorgung der Wiederkäuer.

Das Nutzbare Rohprotein am Duodenum (nRP) wurde bei einer TM von 35 % nicht durch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Adj. P: 0,2387), sondern durch die eingesetzten Tanninmengen (Auswertung ohne Kontrolle) beeinflusst (Pr > F: 0,0012) (siehe Tabelle 59). Signifikante Unterschiede existierten zwischen den Einmischraten 0,5 und 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Adj. P: 0,0008). Zwischen den anderen Einmischraten (0,5 zu 1,5 % (Adj. P: 0,0769) und 1,5 zu 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Adj. P: 0,1121)) konnten keine Unterschiede<sup>60</sup> festgestellt werden. Bei einer TM von 43 % (siehe Tabelle 59) konnten mithilfe der statistischen Auswertung keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Außerdem ergab die Auswertung (ohne Kontrolle) mit dem Tukey-Test, dass sich weder die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte (Adj. P: 0,1136) noch die variierenden Tanninmengen (Pr > F: 0,0658) in ihrer Wirkung das Nutzbare Rohprotein am Duodenum unterschieden. Auch der

---

<sup>60</sup> bei Verwendung des Tukey-Tests

Kombinationseffekt hatte keinen Einfluss auf das Nutzbare Rohprotein am Duodenum ( $Pr > F: 0,5065$ ).

Bei der ruminalen N-Bilanz (rNB)<sup>61</sup> konnten weder bei einer durchschnittlichen TM von 35 % (Adj. P: 0,9890) noch bei einer durchschnittlichen TM von 43 % (Adj. P: 0,4127) Unterschiede zwischen den eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakten nach 180 Siliertagen festgestellt werden. Auch hatten die eingesetzten Tanninmenge bei einer TM von 35 % ( $Pr > F: 0,1105$ ) und 43 % ( $Pr > F: 0,3107$ ) noch der Kombinationseffekt einen Einfluss (bei 35 % TM:  $Pr > F: 0,5994$ ; bei 43 % TM:  $Pr > F: 0,4655$ ).

**Tabelle 59: Trockenmasse (TM), Rohproteingehalt (RP), nutzbare Rohprotein am Duodenum (nRP) und ruminale N-Bilanz (RNB) nach 180 Siliertagen und einer durchschnittlichen TM von 35 % (n=4) und 43 % (n=4)**

	CON	QUE 0,5	QUE 1,5	QUE 3	MIM 0,5	MIM 1,5	MIM 3
<b>Variante mit einer durchschnittlichen Trockenmasse von 35%</b>							
<b>TM(g/kg)</b>	349 $\pm$ 0,8	353 $\pm$ 7,0	363 $\pm$ 7,3	382 $\pm$ 19,8	346 $\pm$ 7,7	349 $\pm$ 2,9	349 $\pm$ 8,8
<b>RP (g/kg TM)</b>	161 $\pm$ 0,3	153 $\pm$ 5,5	158 $\pm$ 8,3	153 $\pm$ 5,8	157 $\pm$ 4,1	158 $\pm$ 3,8	153 $\pm$ 5,8
<b>nRP (g/kg TM)</b>	115 $\pm$ 0,3	117 $\pm$ 1,2	117 $\pm$ 1,11	120 $\pm$ 1,7	116 $\pm$ 1,4	120 $\pm$ 3,4	122 $\pm$ 1,2
<b>RNB (g N)</b>	7,4 $\pm$ 0,4	5,9 $\pm$ 1,1	6,5 $\pm$ 1,4	5,3 $\pm$ 1,1	6,6 $\pm$ 0,5	6,2 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 0,9
<b>Variante mit einer durchschnittlichen Trockenmasse von 43%</b>							
<b>TM(g/kg)</b>	427 $\pm$ 13,8	438 $\pm$ 13,6	421 $\pm$ 5,1 *	485 $\pm$ 4,9 *	429 $\pm$ 29,3	388 $\pm$ 3,6	393 $\pm$ 0,9
<b>RP (g/kg TM)</b>	157 $\pm$ 5,7	160 $\pm$ 6,5	152 $\pm$ 6,8 *	155 $\pm$ 1,9 *	163 $\pm$ 5,6	161 $\pm$ 4,4	158 $\pm$ 10,7
<b>nRP (g/kg TM)</b>	120 $\pm$ 2,2	121 $\pm$ 4,0	121 $\pm$ 1,9 *	123 $\pm$ 2,3 *	125 $\pm$ 3,1	120 $\pm$ 1,1	126 $\pm$ 1,8
<b>RNB (g N)</b>	5,9 $\pm$ 0,7	6,2 $\pm$ 0,9	5,5 $\pm$ 1,2 *	5,2 $\pm$ 0,2 *	6,1 $\pm$ 0,8	6,5 $\pm$ 0,6	5,2 $\pm$ 1,4

\* n=3

CON: Kontrolle; QUE 0,5: 0,5 % Quebracho; QUE 1,5: 1,5 % Quebracho; QUE 3: 3 % Quebracho;

MIM 0,5: 0,5 % Mimosa; MIM 1,5: 1,5 % Mimosa; Mim 3: 3 % Mimosa

## 5.9 N-Bilanzversuche mit Luzerne

Der N-Bilanzversuch sollte die Frage klären, wie die Verdaulichkeit der Silagen durch eine Behandlung mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten beeinflusst wird. Betrachtet wurden für diesen Zweck die Rohnährstoffe, die Detergenzien-Faser sowie der Energiegehalt. Außerdem war von Interesse, ob die Hammel bei der tanninhaltigen Silage verglichen mit der tanninfreien Silage ein vergleichbares Aufnahmeverhalten zeigen.

Der Versuch in Merbitz lief störungsfrei ab. Die Tiere nahmen die getestete Silage gut auf, so dass nur bei einem Tier geringe Futterreste auftraten. Die tägliche Futteraufnahme in der Kontrollgruppe lag bei 710,1 g TM pro Tag und in der Versuchsgruppe bei drei Tieren bei 726,2 und bei einem Tier bei 711,8 g TM pro Tag. Die täglich aufgenommene Futtermenge (aufgenommene organische Substanz) unterschied sich zwischen den beiden Gruppen ( $p = 0,0018$ ).

<sup>61</sup> Auswertung ohne Kontrolle

Die Gewichtsverluste der Versuchstiere unterschieden sich bei den beiden Fütterungsgruppen nicht ( $p = 0,4393$ ). Das Gewicht der Versuchsgruppe reduzierte sich um durchschnittlich  $0,875 \pm 1,187$  kg und in der Kontrollgruppe um durchschnittlich  $1,3750 \pm 0,4787$  kg.

Veränderungen und Auffälligkeiten im Kot konnten durch die Tanninzulage nicht festgestellt werden.

Die Silagen hatten sowohl in der Kontrolle (20 % i. d. TM) als auch in der Versuchsgruppe (18,4 % i. d. TM) hohe Rohaschegehalte. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz lag bei beiden Silagen (Versuchsgruppe:  $61,95 \% \pm 1,5$ ; Kontrollgruppe  $63,17 \% \pm 1,3$ ) auf einem gleichen, aber niedrigen Niveau (vergleiche Tabelle 60). Die Tannine als Silierzusatz bewirkten eine Verbesserung in der Verdaulichkeit des Rohfettes sowie aNDFom. Der Energiegehalt unterschied sich in beiden Versuchsgruppen nicht. Bei der Rohproteinverdaulichkeit war durch den Zusatz der Tannine eine signifikante Abnahme festzustellen.

Der Gehalt der organischen Substanz im Kot unterschied sich zwischen den beiden Gruppen nicht ( $p$ -Wert: 0,0933). Im Mittel lag der Gehalt der organischen Substanz im Kot bei der Versuchsgruppe mit Tanninen bei  $60,6625 \pm 1,8799$  % in der TM und bei der Kontrollgruppe bei  $58,2075 \pm 1,5913$  % in der TM.

**Tabelle 60: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe, Faserfraktion sowie Energiegehalte ermittelt durch den N-Bilanzversuch an ausgewachsenen Hammeln (n=4)**

Tannin- zusatz	Verdaulichkeit (in %)							Energiegehalt (in MJ/kg TM)	
	OS	Roh- protein	Rohfett	Rohfaser	NfE	aNDFom	ADFom	ME	NEL
ohne	63	72	21	49	73	44	47	7,79	4,44
±	1,3	3,0	1,6	2,8	2,1	2,0	1,3	0,154	0,107
mit	62	64	48	51	71	50	46	7,78	4,48
±	1,5	0,7	2,7	2,3	1,5	2,4	1,4	0,173	0,119
p-Wert	0,263	0,003	<0,001	0,201	0,125	0,007	0,230	0,478	0,635



## 6 Diskussion

Das Grünland sowie der Feldfutteranbau bieten mit ihren Ausgangsmaterialien sehr gute Proteinquellen für die wiederkäuergerechte Fütterung an. Ziel sollte es sein, diese Proteinqualitäten bzw. die Proteinzusammensetzung auch während der Konservierung (zum Beispiel Silierung) zu erhalten und weiterhin das Futterprotein vor dem mikrobiellen Abbau im Pansen zu schützen. Weiterhin wird aber auch eine effiziente Nutzung des insgesamt verfügbaren N gefordert (KOHN et al., 1997). Ein reduzierter mikrobieller Abbau des aufgenommenen Futterproteins in den Vormägen kann in der landwirtschaftlichen Praxis zur verbesserten N-Nutzung im Organismus der Wiederkäuer (z.B. bei der hochleistenden Milchkuh) beitragen. Solche Effekte könnten unter anderem durch den Einsatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte bei der Silierung von Grün- oder Halmfutter erreicht werden.

Die Anforderungen an die Qualität des Grundfutters werden im Rahmen von Grobfutterbewertungssystemen zumeist auf diejenigen Parameter beschränkt, die sich auf die Schätzung des Energiegehaltes beziehen. Die Einbeziehung des Proteingehaltes in das System der Grundfutterbewertung würde die relative Vorzüglichkeit für Futter vom Grünland bzw. aus dem Feldfutteranbau gegenüber einer vorwiegenden Grundfütterversorgung hochleistender Wiederkäuer auf Basis von Maisssilage herausstellen. Eine Modifikation der Anforderungen an die Qualität des Grünfutters steht nicht im Gegensatz zu den bisherigen Forderungen, sie bedeutet lediglich eine Erweiterung um die Komponente „Futterprotein“.

### 6.1 Eigene Ergebnisse

Es existiert nur wenig Literatur, in der sich mit dem Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten während der Silierung beschäftigt wird. Tanninhaltige Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft sind in variierenden Konzentrationen zu verschiedenen Fragestellungen untersucht worden (siehe Tabelle 61). Im Vordergrund der betrachteten Literatur stand die Wirkung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Proteinverdaulichkeit im Tier. Die Rohproteinverdaulichkeit im Pansen verringerte sich dosisabhängig mit steigendem Anteil an tanninhaltigen Pflanzenextrakten in der Ration. Im Umkehrschluss zeigte sich, dass der Anteil des im Pansen nicht abbaubaren Futterproteins sich erhöhte, je mehr tanninhaltige Pflanzenextrakte zugeführt wurden. In den eigenen Silierversuchen mit Weidelgras (2011) und Luzerne (2013) wurde das Ausmaß der Proteolyse während der Silierung betrachtet. In den Versuchen mit Weidelgras (2011) wurde ein Gehalt eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes von 3 % bezogen auf die TM angestrebt. Auf Grund eines geringeren TM-Gehaltes des Siliergutes ergab sich rechnerisch eine mittlere

Konzentration von 3,8 % des tanninhaltigen Pflanzenextraktes bezogen auf die TM. Im Jahr 2013 wies das Siliergut einen vergleichsweise höheren TM-Gehalt (36 statt 30 % TM und 43 % statt 40 % TM) als ursprünglich geplant auf. Mit Hilfe einer TM-Schnellbestimmung vor der Silierung konnten die geplanten Gehaltswerte für die tanninhaltigen Pflanzenextrakte (0,5 %, 1,5 % und 3 % bezogen auf die TM) nahezu eingehalten werden.

**Tabelle 61: Zusammenstellung ausgewählter Literatur zum Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten mit dem Ziel, die Proteolyse bei der Silierung zu minimieren**

Quelle	Botanische Herkunft des tanninhaltigen Pflanzenextraktes	Tanninzulage	Wesentliche Ergebnisse
TABACCO et al. (2006)	Kastanie	0; 2; 4; 6 % d. TM	Proteinverdaulichkeit im Pansen ↓ Verdaulichkeit der organischen Substanz ↓
TABACCO et al. (2006)		0; 4 % d. TM	Ruminale Proteolyse ↓
COLOMBINI et al. (2009)		0; 1,3 % d. TM	Pansenstabile Proteinfraktion ↑ Verdaulichkeit des Protein im Pansen ↓
PONCET und RÉMOND (2002)		0,66; 0,99 % d. TM	Ruminale Proteolyse =
LAVRENČIĆ und LEVART (2006)		0; 3; 7; 11; 15 % d. TM	RP- und NfE-Gehalt ↓
LAVRENČIĆ und LEVART (2006)		0; 3; 7; 11; 15 % d. TM	TM- und RP-Gehalt (↓)*
BARRY et al. (1985)	Hornklee	1,4; 4,5; 9,5 % d. TM	Duodenale NAN ↑ N-Retention ↑
BEAUCHEMIN et al. (2007)	Quebracho	0; 1; 2 % d. TM	Proteinverdaulichkeit im Pansen ↓
GETACHEW et al. (2008)	Quebracho	0; 5; 0; 15 % d. TM	<i>In vitro</i> -RP-Abbau ↓
SALAWU et al. (1999)	Quebracho und Mimosa	0,5; 5 % d. TM	Löslicher N in Silagen ↓ Milchsäuregehalt in Silagen ↑
SALAWU et al. (1999)	Quebracho und Mimosa	0; 5 % d. TM (+Formalin, Ameisensäure)	Löslicher N in Silagen ↓

\*Tendenz

In der statistischen Auswertung konnte nicht bei allen Parametern eine Normalverteilung festgestellt werden. Da es sich jeweils nur um drei Wiederholungen gehandelt hat, wurde in der Auswertung generell von einer Normalverteilung ausgegangen, da der Test auf Normalverteilung bei einem geringen Probenumfang (< n=7) umstritten ist. Außerdem wurde

in der Auswertung überwiegend auf die Ergebnisse der Silagen nach 96 bzw. 90 und 180 Siliertagen eingegangen, da nach dieser Zeit von einer stabilen Silage ausgegangen wird.

Vor Versuchsbeginn wurde vermutet, dass die zugesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte analytisch in der Rohasche „wiederzufinden“ sind und demnach der Rohaschegehalt in den tanninhaltigen Versuchsvarianten höher ist. Entgegen der Erwartung hatten die eingesetzten Pflanzenextrakte (auch in der höchsten Dosierung im zweiten Versuchsjahr) keinen (statistischen) Einfluss auf den Rohaschegehalt in den Silagen. In welcher Fraktion die Rückstände der zugesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte analytisch „wiederzufinden“ sind, konnte mit Hilfe der durchgeführten Versuche nicht herausgefunden werden. Eine prozentuale Reduzierung der Rohnährstoffe bzw. eines Rohnährstoffes durch den Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte wurde nicht nachgewiesen.

In den Untersuchungen von MUPANGWA et al. (2000) und DEAVILLE et al. (2010) wird deutlich, dass nicht nur eine Unterscheidung zwischen hydrolysierbaren und kondensierten Tanninen wichtig ist, sondern auch eine genaue chemisch analytische Aufschlüsselung der Fraktionen der kondensierten bzw. hydrolysierbaren Tannine, um weitere Effekte, verursacht durch den Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte zum Siliergut, erklären zu können. In den eigenen Untersuchungen, bei denen Mimosa und Quebracho im Jahr 2013 zum Einsatz kamen, konnte diese These nur bei einigen wenigen Parametern bestätigt werden. In den Auswertungen zeigte sich, dass der statistisch ermittelte Einfluss überwiegend auf eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zurückzuführen und unabhängig von den eingesetzten tanninhaltigen Ausgangsprodukten, die sich in ihrer botanischen Herkunft unterschieden, war.

#### 6.1.1 Auffälligkeiten

Die Weidelgrassilagen aus dem Jahr 2011 waren feuchter als angestrebt, hingegen waren die Luzernesilagen 2013 trockener als geplant. Trotz der höheren TM im Jahr 2013 und einer geringen Differenz zwischen den beiden TM-Varianten (35 und 43 % TM) konnte ein Effekt zwischen den Trocknungsgraden des Siliergutes und dem Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte in unterschiedlichen Konzentrationen festgestellt werden.

In den Versuchen 2011 belief sich der Wert der ruminalen N-Bilanz nach 96 Siliertagen über dem Orientierungswert, der für Grassilagen mit  $< 6$  g/kg TM angegeben wird (siehe Tabelle 38). Nach 48 Siliertagen überschritten nur die tanninfreien Silageproben den Orientierungswert, während die Werte für die tanninhaltigen Silagen noch im anzustrebenden Bereich lagen.

Der Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte vor dem Silierprozess hatte keinen Einfluss auf die Silierbarkeit des Grünguts. Der Restzuckergehalt war in den Varianten mit dem Kombinationsprodukt höher, was sich durch das schnellere Absenken des pH-Wertes durch den Zusatz von Ameisensäure erklären lies.

Die 2013 verwendete Luzerne wies vergleichsweise hohe Rohaschegehalte von bis zu 20 % (bezogen auf die TM) auf. Da es sich bei diesem Aufwuchs um den zweiten Schnitt handelte und der Erntezeitpunkt in einer Sommertrockenheitsperiode lag, kann von einer erhöhten Staubbelastung während der Ernte ausgegangen werden. Der vergleichsweise hohe Rohaschegehalt führte zu einer relativen Absenkung der anderen Rohnährstoffgehalte (Verdünnung). Die ermittelten Rohproteingehalte sind mit durchschnittlich 15 bis 16 % in der TM über alle Versuchsvarianten für Luzernesilagen als niedrig (gegenüber normalerweise 19 bis 20 % Rohprotein in der TM) einzustufen. Auf den Siliererfolg hatte der erhöhte Rohaschegehalt keine negativen Auswirkungen; alle Siliervarianten wiesen gute Gärqualitäten auf. Lediglich der Milchsäuregehalt überschritt in den Grassilagen (im Versuchsjahr 2011) eine gewünschte Obergrenze von 10 % (bezogen auf die TM). In den eigenen Silierversuchen als auch in den Versuchen von TABACCO et al. (2006) und SALAWU et al. (2001) konnten keine negativen Einflüsse auf die Fermentation des Silierguts durch den Zusatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten während der Silierung festgestellt werden.

Die Energiegehalte der Luzernesilagen nach 90 bzw. 180 Siliertagen sind mit unter 5 MJ NEL/kg TM als niedrig einzustufen. Wahrscheinlich wirkte sich der hohe Rohaschegehalt negativ auf den Energiegehalt der Luzerne aus. Ein solcher Effekt wäre jedoch nicht auf die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte zurückzuführen und wurde auch in der gesichteten Literatur nicht beschrieben.

#### 6.1.2 Proteinqualität

Der Rohproteingehalt lag im Versuchsjahr 2011 bei allen Varianten im anzustrebenden Bereich (180 bis 190 g RP/kg TM). Die Silagen, denen die tanninhaltigen Pflanzenextrakte zugesetzt wurden, hatten jedoch, verglichen mit den anderen Varianten eine für die Ernährung hochleistender Milchkühe günstigere Proteinzusammensetzung. Wenn der UDP5-Gehalt in Gramm pro Kilogramm Silage-TM ausgedrückt wird, bedeutet dies für die Weidelgrassilagen (Jahr 2011) nach 96 Siliertagen in der Kontrolle einen Gehalt von 17,4 g UDP5/kg TM (bei einem Rohproteingehalt von 193 g/kg TM), in der Variante mit Quebracho (Q) von 27,0 g UDP5/kg TM (bei einem Rohproteingehalt von 193 g/kg TM) und bei der Variante mit



Quebracho und dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) von 29,8 g UDP5/kg TM (bei einem Rohproteingehalt von 186 g/kg TM).

Die Untersuchungsergebnisse mit Weidelgras aus dem Versuchsjahr 2011 zeigten, dass bei Anwendung von tanninhaltigen Pflanzenextrakten die weitere Behandlung des Siliergutes mit einem biologischem Silierzusatzstoff gegenüber keiner weiteren Behandlung mit einem biologischen Siliermittel eine zusätzliche Verbesserung des Parameters Rohproteinqualität bewirkt. Diese Variante (Quebracho plus biologischer Silierzusatzstoff (Q+BS)) zeigte die geringste Proteinlöslichkeit und den höchsten Anteil an UDP5, verbunden mit dem niedrigsten Gehalt in der Rohproteinfraktion A (in % des RP).

Die UDP5-Gehalte der Konservate wurden nach KIRCHHOF (2007) berechnet. Vergleicht man diese mit Werten, die in den beschriebenen *in situ*-Untersuchungen an Tieren bestimmt wurden, kann man feststellen, dass die Tendenz der errechneten Werte korrekt ist (die errechneten Gehalten waren niedriger als die am Tier ermittelten). In der Kontrolle wurden in den *in situ*-Versuchen 23 % UDP (bezogen auf die Gesamtmenge des Rohproteins) ermittelt und in der Variante mit Quebracho 32 % sowie 30 % bei Zulage von Mimosa. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass eine erhebliche Steigerung des UDP-Gehaltes durch den Zusatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte gegenüber tanninfreien Varianten möglich ist.

Von besonderem Interesse bei der Silierung von Weidelgras war der Verlauf des UDP5-Gehaltes über den betrachteten Silierzeitraum (Versuchsjahr 2011) von 96 Tagen. So reduzierte sich in der Kontrollvariante der UDP5-Gehalt (in % des RP) von Ø 44,2 g UDP5/kg TM in der ersten Stunde auf 17,1 g UDP5/kg TM nach 96 Siliertagen bei einem durchschnittlichen Rohproteingehalt von 170 g RP/kg TM (Stunde 1) bzw. 190 g RP/kg TM (96 Tage). Bei einer Zulage von 3,8 % Quebracho oder Mimosa nach 96 Siliertagen waren hingegen noch 26,18 g UDP5/kg TM und 27,6 g UDP5/kg TM bei einem Rohproteingehalt von 187 bzw. 184 g/kg TM in den Weidelgrassilagen enthalten. Bei der Kombination von Quebracho mit dem biologischen Silierzusatzstoff (Q+BS) konnten sogar 29,76 g UDP5/kg TM rechnerisch ermittelt werden.

Bei Bezug des UDP5-Gehaltes auf die TM (in g/kg TM) in den Luzernesilagen, ist zu erkennen, dass nach 180 Siliertagen in den Varianten mit 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt der höchste Gehalt an pansenstabilem Protein enthalten war (siehe Tabelle 62 und Tabelle 63).

**Tabelle 62: Kalkulation von UDP5-Gehalten in einer Luzernesilage in Abhängigkeit einer gestaffelten Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 35 %**

Variante	TM (g/kg)	Rohprotein (g/kg TM)	UDP5 (% des RP)	UDP5 (g/kg TM) – errechnet
<b>90 Siliertage</b>				
Kontrolle	359 <sup>±2,8</sup>	155 <sup>±5,8</sup>	19 <sup>±2,6</sup>	29
0,5 Quebracho	356 <sup>±5,4</sup>	157 <sup>±7,1</sup>	22 <sup>±1,8</sup>	31
1,5 Quebracho	369 <sup>±0,7</sup>	164 <sup>±1,8</sup>	18 <sup>±1,2</sup>	30
3 Quebracho	386 <sup>±14,1</sup>	158 <sup>±10,5</sup>	22 <sup>±2,2</sup>	35
0,5 Mimosa	311 <sup>±65,1</sup>	159 <sup>±6,7</sup>	21 <sup>±3,3</sup>	33
1,5 Mimosa	361 <sup>±4,0</sup>	152 <sup>±12,8</sup>	25 <sup>±1,9</sup>	38
3 Mimosa	272 <sup>±55,1</sup>	147 <sup>±10,2</sup>	27 <sup>±3,2</sup>	38
Farman®	366 <sup>±1,6</sup>	153 <sup>±9,1</sup>	24 <sup>±1,4</sup>	37
Hornklee	291 <sup>±3,9</sup>	180 <sup>±7,9</sup>	20 <sup>±1,8</sup>	36
<b>180 Siliertage</b>				
Kontrolle	349 <sup>±0,8</sup>	161 <sup>±0,3</sup>	16 <sup>±1,8</sup>	26
0,5 Quebracho	353 <sup>±7,0</sup>	153 <sup>±5,5</sup>	20 <sup>±1,6</sup>	30
1,5 Quebracho	363 <sup>±7,3</sup>	158 <sup>±8,3</sup>	20 <sup>±1,3</sup>	31
3 Quebracho	382 <sup>±19,8</sup>	153 <sup>±5,8</sup>	24 <sup>±1,0</sup>	37
0,5 Mimosa	346 <sup>±7,7</sup>	157 <sup>±4,1</sup>	19 <sup>±1,2</sup>	30
1,5 Mimosa	349 <sup>±2,9</sup>	158 <sup>±3,8</sup>	21 <sup>±2,4</sup>	33
3 Mimosa	349 <sup>±8,8</sup>	153 <sup>±5,8</sup>	24 <sup>±2,2</sup>	37

**Tabelle 63: Kalkulation von UDP5-Gehalten in einer Luzernesilage in Abhängigkeit einer gestaffelten Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten bei einer Trockenmasse von durchschnittlich 43 %**

Variante	TM (g/kg)	Rohprotein (g/kg TM)	UDP5 (% des RP)	UDP5 (g/kg TM) – errechnet
<b>90 Siliertage</b>				
Kontrolle	405 <sup>±17,0</sup>	160 <sup>±8,8</sup>	18 <sup>±0,6</sup>	29
0,5 Quebracho	397 <sup>±89,0</sup>	155 <sup>±8,2</sup>	20 <sup>±1,6</sup>	33
1,5 Quebracho	475 <sup>±6,5</sup>	155 <sup>±6,7</sup>	23 <sup>±2,9</sup>	37
3 Quebracho	488 <sup>±14,2</sup>	160 <sup>±3,3</sup>	24 <sup>±4,5</sup>	38
0,5 Mimosa	408 <sup>±29,0</sup>	161 <sup>±8,0</sup>	18 <sup>±2,4</sup>	29
1,5 Mimosa	385 <sup>±0,5</sup>	163 <sup>±2,4</sup>	20 <sup>±1,6</sup>	31
3 Mimosa	393 <sup>±3,7</sup>	163 <sup>±4,4</sup>	20 <sup>±1,3</sup>	33
Farman®	402 <sup>±0,6</sup>	157 <sup>±8,4</sup>	22 <sup>±1,5</sup>	35
Hornklee	452 <sup>±21,6</sup>	194 <sup>±0,8</sup>	17 <sup>±2,0</sup>	33
<b>180 Siliertage</b>				
Kontrolle	427 <sup>±13,8</sup>	157 <sup>±5,7</sup>	21 <sup>±1,8</sup>	33
0,5 Quebracho	438 <sup>±13,6</sup>	160 <sup>±6,5</sup>	21 <sup>±3,0</sup>	34
1,5 Quebracho	421 <sup>±5,1</sup>	152 <sup>±6,8</sup>	23 <sup>±2,9</sup>	35
3 Quebracho	485 <sup>±4,9</sup>	155 <sup>±1,9</sup>	23 <sup>±1,1</sup>	36
0,5 Mimosa	429 <sup>±29,3</sup>	163 <sup>±5,6</sup>	22 <sup>±3,0</sup>	36
1,5 Mimosa	388 <sup>±3,6</sup>	161 <sup>±4,4</sup>	20 <sup>±0,7</sup>	32
3 Mimosa	393 <sup>±0,9</sup>	158 <sup>±10,7</sup>	23 <sup>±3,0</sup>	36

Auch bei der Betrachtung der Rohproteinfraktionen in den Weidelgrassilagen ist ein Einfluss des Zusatzes der tanninhaltigen Pflanzenextrakte deutlich zu erkennen. Nach 96 Siliertagen hatte der Anteil der Rohproteinfraktion A gegenüber den anderen Fraktionen in der Kontrolle signifikant zugenommen. Durch den Einsatz von 3,8 % eines tanninhaltigen Pflanzenextraktes bezogen auf die TM des Siliergutes war die Zunahme der Rohproteinfraktion A im Vergleich

zu der Kontrollvariante ohne tanninhaltigen Zusatz vergleichsweise gering (siehe Tabelle 87 im Anhang). Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangten auch GUO et al. (2008) bei der Auswertung von Silierversuchen mit Luzerne (*Medicago sativa* L.). Nach einer Silierdauer von 36 Tagen zeigten sich bei Einsatz von hydrolysierbaren Tanninen (Tanninensäure) gegenüber der Kontrolle geringere Gehaltswerte der Rohproteinfraktion A. Auch COLOMBINI et al. (2009) stellten in ihren Versuchen eine Reduzierung der Rohproteinfraktion A und eine Zunahme der Rohproteinfraktionen B1, B2 sowie B3 gegenüber einer Kontrollvariante durch den Einsatz von hydrolysierbaren Tanninen während der Silierung von Luzerne fest.

Die Reduzierung der Rohproteinfraktion A ging in den eigenen Untersuchungen mit Weidelgras mit einer Erhöhung der Rohproteinfraktion B3 einher. Bei den anderen Rohproteinfraktionen B1, B2 und C konnten zwischen den tanninhaltigen und tanninfreien Varianten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. In den Silierversuchen mit Luzerne existierten Unterschiede zwischen den Varianten in der Rohproteinfraktion A und der Rohproteinfraktion B2. Bei den anderen Rohproteinfraktionen konnten nur bei einigen Auswertungen Unterschiede zwischen den Siliervarianten festgestellt werden (bei Auswertung mit dem Tukey-Test). GUO et al. (2008) beschrieben, dass neben dem Gehalt der Rohproteinfraktion B2 auch der Gehalt der Rohproteinfraktion B1 in den tanninhaltigen Silage gegenüber der Kontrolle höher war.

Wie auch in den eigenen Untersuchungen festgestellt wurde, bestätigten auch GUO et al. (2008), dass die zugesetzten Tannine keinen Einfluss auf die Rohproteinfraktion C während der Silierung hatten.

Unter den gegebenen Voraussetzungen kann davon ausgegangen werden, dass der im Verlauf der Silierung entstehende Protein-Tannin-Komplex postuminal wieder gelöst wird. Das Protein wird durch die Tannine vor dem mikrobiellen Abbau geschützt und steht dem Tier nach dem Passieren des Vormagensystems im Duodenum wieder zur Verfügung.

Zur Beantwortung der Frage nach dem praktischen Einsatz tanninreicher Pflanzenextrakte als Zusatz zum Siliergut ist von Bedeutung, ob die botanische Herkunft oder die Höhe des Umfangs der eingesetzten Tanninmenge (unabhängig von ihrer Zusammensetzung) einen Einfluss auf den Umfang der Proteolyse während des Prozesses der Silierung ausübt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Jahr 2013 zeigten, dass nach 180 Siliertagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft existierten, während die tatsächlich eingesetzten Tanninmengen (unabhängig von der botanischen Herkunft sowie der TM des Siliergutes) einen signifikanten Einfluss auf die Proteolyse hatten. Bei den vorliegenden Untersuchungen

wurde die Arbeitshypothese aufgestellt, dass kein Unterschied in der Wirkung auf die Proteolyse zwischen dem Einsatz von kondensierten und hydrolysierbaren Tanninen feststellbar ist. In Untersuchungen von GETACHEW et al. (2008) zeigte sich, dass die Effekte der Tannine auf die Pansenfermentation und damit auch auf den Umfang des Proteinabbaus im Wesentlichen von den verwendeten Tanninextrakten sowie von den Einsatzmengen der Extrakte abhingen. In den eigenen Untersuchungen mit Luzerne (2013), bei denen Quebracho und Mimosa eingesetzt wurden, die sich im Gehalt von kondensierten Tanninen unterschieden (24,5 % gegenüber 13 % kondensierten Tanninen), konnten die Befunde von GETACHEW et al. (2008) nicht bestätigt werden. Bei Zulage von 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt war kein Unterschied zwischen den beiden Tanninprodukten in ihrer Wirkung auf die Proteolyse feststellbar. Aus den eigenen Untersuchungsergebnissen mit Luzerne kann die aufgestellte Arbeitshypothese bestätigt werden, wonach nicht vom Gehalt der kondensierten Tannine im verwendeten Pflanzenextrakt auf einen Effekt auf die Proteolyse während der Silierung geschlossen werden kann, sondern die tatsächlichen Einsatzmengen der verwendeten tanninhaltigen Pflanzenextrakte betrachtet werden müssen. Eine solche Schlussfolgerung erlaubt die Frage nach dem Einfluss der phenolhaltigen Verbindungen, die weiterhin in den verwendeten tanninhaltigen Pflanzenextrakten (Mimosa und Quebracho) enthalten waren. Diese Frage hat sich erst im Verlauf der Auswertung ergeben und konnte aus diesem Grund nicht berücksichtigt werden.

Das nutzbare Rohprotein am Duodenum ist ein Indikator für die Verfügbarkeit des Proteins nach dem Vormagensystem. Der Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft in den Weidelgrassilage beeinflusste nach 96 Siliertagen die Verfügbarkeit des nutzbaren Rohproteins am Duodenum nicht. Ebenso zeigte sich kein Unterschied durch den Einsatz verschiedener Silierzusatzstoffe (Kombinationsprodukt sowie biologischer Silierzusatz) zwischen den Silagen in Abhängigkeit von den biologischen Varianten tanninhaltiger Supplemente. Hingegen wurden in den Luzerneversuchen Unterschiede bezüglich des nutzbaren Rohproteins am Duodenum bei der Silierung in Abhängigkeit von der Einmischrate der eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte festgestellt. Bei einem Gehalt von 3 % Quebracho oder Mimosa war der Gehalt an nutzbarem Rohprotein im Gegensatz zu einer Einmischrate von 0,5 % Quebracho oder Mimosa signifikant erhöht. Es kann auf Grundlage dieser Ergebnisse geschlussfolgert werden, dass die mikrobielle Proteinverdaulichkeit im Pansen durch den Einsatz von 3 % gegenüber 0,5 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt reduziert war und als Folge mehr

Futterprotein nach dem Passieren des Pansens für das Tier zur Verfügung stand. Die gewonnenen Erkenntnisse werden als Gewinn für die Wissenschaft gewertet.

### 6.1.3 Silierbarkeit

Der  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt wird von FAIRBAIRN et al. (1988) als ein Indikator für den Umfang der Proteolyse angesehen. Bei den Analyseergebnissen aus den eigenen Silierversuchen aus dem Jahr 2011 lässt sich erkennen, dass der mittlere  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt in den Versuchssilagen durch die tanninhaltigen Pflanzenextrakte nicht negativ beeinflusst wurde.

Die Luzernesilagen der Silierversuche 2013 wiesen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte von bis zu 16 % in den feuchteren Silagen mit durchschnittlich 35 % TM auf. Solche  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte könnten auf eine fehlerhafte Qualität der Silagen hinweisen, da erhöhte  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte oft das Ergebnis des Abbaus von Futterprotein sind. Tendenziell lässt sich an den Ergebnissen ablesen, dass die Varianten, die durch einen hohen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt auffielen, geringe Rohproteingehalte hatten. Ein solcher Befund zeigte sich allerdings bei den Ergebnissen der trockeneren Varianten mit durchschnittlich 43 % TM nicht.

Die Weidelgrassilagen aus dem Jahr 2011 zeichneten sich durch einen hohen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt bezogen auf den Gesamt-N und geringe Ethanolgehalte ( $< 1 \text{ %/kg TM}$ ) aus. N-Buttersäure konnte in den Silagen nicht nachgewiesen werden. Diese Beobachtung widerspricht den Untersuchungen von WYSS (2005), der beschreibt, dass Silagen mit hohen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalten oft erhöhte Buttersäuregehalte aufweisen.

Der Essigsäuregehalt nahm erwartungsgemäß im Verlauf der Silierung zu. Die Ergebnisse der Luzernesilagen aus dem Jahr 2013 deuten an, dass die Bildung der Essigsäure bis zum 96. Siliertag (noch) nicht abgeschlossen war. LI und NISHINO (2011) verweisen in diesem Zusammenhang auf den zu Beginn der Silierung entstehenden Alkohol hin. Der Ethanolgehalt bleibt über eine Silierdauer von 56 bis 120 Tagen weitgehend konstant, während 2,3-Butandiol nach einer Silierdauer von 56 bis 120 Tagen wieder abnimmt. Große Abweichungen zwischen den Öffnungsterminen konnten bei den Ethanolgehalten der Luzernesilagen (Jahr 2013) nicht festgestellt werden. Eine Abnahme des 2,3-Butandiol-Gehaltes zwischen dem 90. und 180. Siliertag konnte bei allen Silageproben mit einer TM von 43 % festgestellt werden. Bei den Proben mit einer durchschnittlichen TM von 35 % stieg der Gehalt bei den Varianten mit 3 % Mimosa (MIM 3) und 0,5 % Quebracho (QUE 0,5) an. Die Ursache für diesen Befund ist nicht geklärt.

#### 6.1.4 Bewertung des Versuchsaufbaus sowie der eigenen Ergebnisse

Der in 2011 gewählte Versuchsansatz diente als Vorversuch, um die Möglichkeiten der Silierbarkeit der tanninhaltigen Pflanzenextrakte zu eruieren. Aus diesem Grund wurden neben den Tanninen die Wechselwirkungen mit Siliermitteln untersucht. Die zugesetzte Tanninmenge war mit annähernd 4 % bezogen auf die TM vergleichsweise hoch. Für einen Einsatz in der Praxis scheint eine solche Zusatzmenge zu hoch (aus logistischen wie auch aus wirtschaftlichen Gründen).

Bei der Versuchsplanung stand die Frage nach der Anzahl der Wiederholungen im Konflikt mit der Zahl der möglichen Versuchsvarianten. Statistisch wäre eine Wiederholungsanzahl von  $n = 7$  anzustreben. Unter diesen Voraussetzungen hätte dies eine Reduzierung von Varianten und/oder Öffnungsterminen zur Folge gehabt. In der Literatur sind bisher nur wenige Silierversuche mit tanninhaltigen Pflanzenextrakten beschrieben worden, weshalb sich dafür entschieden wurde, die Anzahl der Wiederholungen auf ein vertretbares Minimum zu reduzieren und eine größere Anzahl von Varianten zu realisieren. Aus diesen Gründen war es möglich drei Dosierungen von zwei tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher botanischer Herkunft miteinander zu vergleichen.

Das Füllen der Gläser von Hand durch unterschiedliche Helfer und keine vorgegebene Siliergutmenge, die in die Gläser gefüllt werden sollten, hatte zur Folge, dass die Verdichtung bzw. das Gewicht der gefüllten Versuchssilos sehr unterschiedlich war. Dies ist ein Aspekt, der in weiteren Untersuchungen beachtet sowie verbessert werden sollte, in dem die Menge des Siliergutes je Glas und Wiederholung festgelegt wird.

In den Versuchen im Jahr 2013 lagen die TM-Gehalte der beiden TM-Stufen eng beieinander. Trotz des geringen Unterschiedes von 35 bzw. 43 % TM konnten Unterschiede bezüglich des Einflusses der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Proteolyse während der Silierung festgestellt werden. Dies kann als wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn gewertet werden.

Die hohen Rohaschegehalte in den Luzernesilagen sind möglicherweise durch anhaftende Bodenpartikel, die weder beim Mischen noch beim Silieren aufgefallen sind, zu erklären. Es deutet alles darauf hin, dass, obwohl die Standard-Handlungsanweisung angewandt wurde, verdreckte Chargen (z.B. verursacht durch Maulwurfshügel) für das Silieren verwendet wurden.

## 6.2 Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die Verdaulichkeit der Futterbestandteile

Die Ergebnisse aus dem Hammelversuch mit Luzerne zur Verdaulichkeitsbestimmung lassen keine Interpretation aus der bisher vorhandenen Datengrundlage zu und weitere *in situ*-Untersuchungen zur Rohproteinverdaulichkeit sollten folgen.

PRIES und MENKE (2014) konnten durch den Einsatz von bis zu 5 % Akazientannin (in der FM) eine Reduzierung der Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttests feststellen, zusätzlich nahm die Verdaulichkeit der organischen Substanz der Hammeln deutlich ab (siehe Tabelle 88 im Anhang). Die Autoren schlussfolgerten, dass die bisher angenommene postruminale Aufhebung des Protein-Tannin-Komplexes nur unzureichend stattgefunden hatte oder die eingeschränkte mikrobielle Fermentation zu einem deutlich verringerten Abbau von Zellwandmaterialien bzw. von Zellwand gebundenem Proteins geführt hat. In den eigenen Untersuchungen mit Weidelgras (2011) lässt sich anhand der Ergebnisse eine verminderte Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest der mit Tanninen (3,6 % Tannine/kg TM) behandelten Silagen nicht eindeutig feststellen. In den Silierversuchen mit Luzerne konnte ein Unterschied zwischen den beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakten unabhängig von der eingesetzten Menge auf die Gasbildung (Hohenheimer Futterwerttest) festgestellt werden<sup>62</sup>.

Fraglich ist weiterhin, warum die Autoren PRIES und MENKE (2014) eine starke Streuung bezüglich der Verdaulichkeit zwischen den Hammeln festgestellt haben (siehe Tabelle 88). Tierindividuelle Unterschiede in der Reaktion auf die Tannine sind eine mögliche Erklärung. Es ist anzunehmen, dass bei einigen Tieren eine schnellere Adaption an das tanninhaltige Futter erfolgte.

Die Untersuchungen von PRIES und MENKE (2014) sind nur bedingt auf die eigenen Untersuchungen übertragbar. Der größte Unterschied liegt im Zeitpunkt der Tanninzulage. PRIES und MENKE (2014) haben die Tannine direkt der Futterration zugemischt, so dass diese erst im Vormagensystem ihre Wirkung entfalten konnten. In den eigenen Untersuchungen, die an der MLU in Halle-Wittenberg in Dienstleistung durchgeführt wurden, wurden die tanninhaltigen Pflanzenextrakte vor dem Silierprozess dem Siliergut zugemischt. Die im Pflanzenextrakt enthaltenen Tannine wirkten schon während der Silierung, weshalb davon auszugehen ist, dass sie im Verdauungstrakt bereits an die Futterproteine gebunden waren. Vermutlich gehen Tannine, die sich aus dem Protein-Tannin-Komplex lösen, wieder neue Verbindungen im Verdauungstrakt ein. Inwiefern diese Verbindungen im weiteren

---

<sup>62</sup> Auswertung ohne Kontrolle

Verdauungstrakt wieder gelöst werden können, ist nicht geklärt. Weiterhin ist zu klären, ob sich die Tannine überwiegend an Proteine oder möglicherweise auch an andere Futterbestandteile binden. Zu dieser Fragestellung führten MUPANGWA et al. (2000) Untersuchungen durch. Sie stellten im Vergleich von drei tropischen Futterleguminosen (*Cassia rotundifolia*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*) fest, dass 54,5, 74,0 und 86,2 % der kondensierten Tannine in *Cassia rotundifolia*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum* proteingebunden waren, hingegen nur 1,75, 3,71 und 1,41 % der kondensierten Tannine an die Faser. Dies könnte als eine Erklärung dienen, weshalb nur die Verdaulichkeit der Proteine verändert wird und die Faserverdaulichkeit relativ konstant bleibt.

Eine weitere Frage lautet, ob die tanninhaltigen Pflanzenextrakte einen Einfluss auf die Aminosäurenverfügbarkeit im Tier haben. Wenn die Tannine das Protein soweit schützen, dass es vom Tier nicht mehr aufgenommen werden kann, wäre dies ein Eingriff in die Versorgung der Tiere mit Aminosäuren. Diese Vermutung steht im Widerspruch zu den eigenen Untersuchungsergebnissen. Es konnten keine Unterschiede zwischen den tanninhaltigen und tanninfreien Varianten auf die Rohproteinfraktionen B3 und C festgestellt werden. Zum aktuellen Zeitpunkt war keine Studie bekannt, die beschreibt, dass durch den Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte das Protein soweit geschützt wird, dass es für das Tier nicht mehr verdaulich ist. Dieser Effekt müsste am Ort der Absorption (Ileum) gemessen werden. Allerdings ist diese Untersuchung nicht am intakten Tier und nicht ohne Genehmigung möglich.

Weiterhin ist die Frage offen, wann eine Adaption bei langfristigem Einsatz der tanninhaltigen Pflanzenextrakte in der Ration eintritt bzw. ob eine Adaption eintritt. Gerade kleine Wiederkäuer aus subtropischen Klimazonen, die Pflanzen mit hohen natürlichen Tanningehalten aufnehmen, sind gut an die Tannine in ihren Futterpflanzen angepasst. Hinweise auf Anpassungsvorgänge im Pansen durch eine veränderte Mikroorganismenpopulation liefert die Literatur (u.a. ODENYO et al., 1997).

Welchen Einfluss eine mögliche Adaption auf die Proteinverdaulichkeit hat, lässt sich nach aktuellem Kenntnisstand nicht beantworten. Langfristige Fütterungsversuche sind notwendig. Auch AERTS et al. (1999) weisen auf das Fehlen von Fütterungsversuchen über einen längeren Zeitraum hin.



### 6.3 Tanninquellen

JONES et al. (1995) führten Silierversuche mit Luzerne durch und supplementierten ihrer Versuchsvariante vor dem Silieren Rotklee. Nach sieben Siliertagen stellten die Autoren fest, dass in der Luzerne-Rotklee-Silage verglichen mit der Kontrolle (ohne Rotklee) die Proteolyse um 40 % reduziert war.

HART et al. (2005) untersuchten den Einfluss von tanninhaltiger Erbsenganzpflanzensilage auf die Leistung von Milchkühen und schlussfolgerten aus ihren Untersuchungsergebnissen, dass durch den Einsatz tanninhaltiger Erbsensilage 1,1 kg Sojaextraktionsschrot in der Ration von Milchkühen ersetzt werden können, ohne dass die Milchleistung und die Zusammensetzung der Milch negativ beeinflusst werden. Die Ergebnisse von HART et al. (2005) zeigen, dass auch Pflanzen, die natürlicherweise Tannine aufweisen, die Proteolyse bei der Silierung reduzieren können. MYINT (2009) hebt hervor, dass vor allem tropische Pflanzen verglichen mit Pflanzen aus gemäßigteren Standorten hohe Gesamt-Tanningehalte aufweisen können.

Nun stellt sich die Frage, inwiefern die Möglichkeit besteht, tanninhaltige Pflanzen vorzugsweise Einheimische, mit Grünlandaufwüchsen oder Aufwüchsen aus dem Feldfutterbau einzusilieren. Ist diese Möglichkeit eine Alternative, Grassilagen in der Wertigkeit ihres Proteins zu erhöhen? Oder ist der Gesamt-Tanningehalt in Pflanzen oder Pflanzenteilen in unseren Breitengraden zu gering?

Rapsextraktionsschrot weist bis zu 4 % Tannine (Polyphenole) bezogen auf die TM auf (LÜHS et al., 2000). Mehr als 4 kg Rapsschrot in der Ration von Milchkühen werden in der Praxis kontrovers diskutiert, da der Schwefelgehalt die Einsatzmengen begrenzt. Würde man davon ausgehen, dass im Rapsextraktionsschrot 4 % Gesamt-Tannin/kg TM enthalten sind, entspricht dies einer Menge von circa 40 g Tannin/kg Rapsextraktionsschrot-TM. Bei einem Einsatz von 4 kg Rapsextraktionsschrot bezogen auf die TM, entspricht dies einer Zufuhr von circa 120 g Gesamt-Tanninen in der Ration (bezogen auf die TM). In den eigenen Silierversuchen wurden 0,5 bis 3 % Quebracho-Extrakt (bezogen auf die TM) den Versuchssilagen zugesetzt. Bei einem Gesamt-Tanningehalt von circa 70 % (bei Quebracho) entspricht dies einem Tanningehalt von 3,5 bis 21 g Tanninen/kg Grassilage-TM. Bei einer Fütterung von 10 kg Grassilage-TM würden circa 35 bzw. 210 g Gesamt-Tannin dem Tier mit dem Grundfutter gefüttert werden. Entsprechend dieser Hochrechnung könnte Rapsextraktionsschrot anstelle von importierten tanninhaltigen Pflanzenextrakten während der Silierung eingesetzt werden, wenn geringere Gesamt-Tanningehalte für den gewünschten Effekt ausreichen würden. Jedoch ist unbekannt in welcher Bindungsform die Tannine im

Rapsextraktionsschrot vorliegen. Weiterhin ist nicht bekannt, ob die enthaltenen Tannine den gewünschten Effekt – Reduzierung der Proteolyse während der Silierung – erfüllen.

Weitere Futterpflanzen, die in unseren Breitengraden angepflanzt werden können und natürlicherweise Tannine enthalten, sind Esparsette (*Onobrychis*: ca. 7 % kondensierte Tannine; GOERITZ et al., 2009) und Chicorée (*Cichorium intybus* var. *foliosum*: 5 g/kg TM; SCHARENBERG et al. 2005). Weitere Fragen, die es zu beantworten gilt, sind: In welcher Form sind die Tannine in den entsprechenden Pflanzen gebunden? Übt die Bindungsform der Tannine im pflanzlichen Material einen Einfluss auf die Proteolyse aus? Lassen sich tanninhaltige Pflanzen mit Grünlandaufwüchsen oder beispielsweise Luzerne silieren? Diese Fragen waren nicht Bestandteil der Untersuchungen, sie haben sich durch die eigenen Untersuchungen und den daraus resultierenden Ergebnissen ergeben. Es wäre wünschenswert, wenn sie in weiteren Versuchen beantwortet werden könnten. Sollte sich ein Effekt auf die Proteolyse durch den Einsatz von einheimischen Pflanzen erzielen lassen, könnte dies ein Beitrag zu einer Imageverbesserung in der Landwirtschaft sein.

#### **6.4 Tanninzusammensetzung und -homogenität**

Die Aufnahme von Rationen mit vergleichsweise hohen Anteilen hydrolysierbaren Tanninen wird in der Literatur (vergleiche 3.4.3) kritisch bezüglich ihrer negativen Auswirkungen auf die Futteraufnahme und die Verdaulichkeit diskutiert. Ob sich die Wirkung auf die Beeinflussung der Proteolyse zwischen kondensierten und hydrolysierbaren Tanninen unterscheidet, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit Hilfe der gesichteten Literatur nicht beantwortet werden. Aus der Fragestellung der vorliegenden Arbeit und den vorhandenen Untersuchungsergebnissen kann nicht geschlossen werden, dass sich die beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakte in ihrer Wirkung auf die Beeinflussung der Proteolyse unterscheiden. Im Tier kann der Effekt der hydrolysierbaren oder kondensierten Tannine sowie des Gesamt-Phenolgehaltes differenzierter ausfallen.

Die in den Silierversuchen eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung (siehe Tabelle 16). Quebracho enthält deutlich mehr Gesamt-Phenole sowie Gesamt-Tannin (72,7 und 67,7 % d. TM) gegenüber Mimosa (58,7 und 57,0 % d. TM), wohingegen Mimosa einen deutlich höheren Anteil an kondensierten Tanninen gegenüber Quebracho aufweist (24,5 zu 13,0 % d. TM). Für den gewünschten Effekt, der durch den Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten erzielt werden soll, ist möglicherweise die Zusammensetzung des tanninhaltigen Pflanzenextraktes von Bedeutung. Im Gegensatz zu Mimosa und Quebracho enthält das Produkt Farmatan® nur 0,3 % kondensierte Tannine

bezogen auf die TM. Farmatan® wird, laut Herstellerangaben (Tanin Sevnica), vorwiegend aus Kastanienholz in Südeuropa gewonnen. In den Versuchen aus dem Jahr 2013 mit Luzerne zeigte sich, dass die anfängliche Vermutung, dass die kondensierten Tannine einen größeren Effekt auf die Beeinflussung der Proteolyse während der Silierung haben, sich (zumindest in diesen Versuchen) nicht bestätigt hat. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden eingesetzten Tanninprodukten (Quebracho und Mimosa) bezüglich ihres Einflusses auf die Proteolyse, wenn die Rohproteinzusammensetzung mit dem pansenstabilen Protein sowie den Rohproteinfraktionierungen als Vergleichsparameter herangezogen werden, festgestellt werden. Die Ergebnisse geben keinen Hinweis auf die Frage, ob der Gehalt an kondensierten Tanninen, der Gesamt-Tannin- oder der Gesamt-Phenolgehalt für den reduzierenden Effekt auf die Proteolyse verantwortlich ist.

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte existiert keine einheitliche Methode bzw. keine aufeinander aufbauende Methode. So wird beispielsweise in den Untersuchungen von Frau Prof. Dickhöfer (Universität Hohenheim) zur Bestimmung der Zusammensetzung der eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte für den Gesamt-tannin-Gehalt die Folin–Ciocalteu-Methode und für den Gehalt an kondensierten Tanninen die HCl–Butanol–Methode eingesetzt (CASTRO-MONTOYA et al., 2016). So weist auch KARDEL et al. (2013) darauf hin, dass Tanninextrakte verschiedener Herkunft in ihrer Struktur heterogen sind und kein „gemeinsames Monomer“ existiert, welches als Standard für eine Quantifizierung genutzt werden kann. So enthält auch eine einzelne Pflanzenspezies eine große Anzahl unterschiedlicher Tannine und es müssten für eine Pflanzenspezies verschiedene Standards zur Bestimmung der verschiedenen Tanninkomponenten (Gesamt-tanningehalt, Gehalt an kondensierten sowie hydrolysierbaren Tanninen) genutzt werden. Die von KARDEL et al. (2013) beschriebenen Problematiken werden durch weitere Unsicherheitsfaktoren ergänzt. So besteht unter anderem die Befürchtung, dass bei der Bestimmung der Tannine Abbauprodukte erfasst bzw. falsch erfasst werden.

## **6.5 Rechtliche Einordnung der Tannine**

Bei den auf dem Markt befindlichen käuflichen tanninhaltigen Pflanzenextrakten handelt es sich um Extrakte aus Holz (Quebracho) bzw. Borke (Kastanie und Mimosa). Der Prozess der Tanningewinnung (beschrieben im Unterkapitel 3.4) hat eine wesentliche Bedeutung für die rechtliche Einordnung. Zu klären ist, ob Lösungsmittel bei der Gewinnung von Tanninen genutzt werden und welche Konsequenzen sich dadurch für das Futtermittelrecht ergeben.

Fraglich ist, wie die tanninhaltigen Pflanzenextrakte definiert werden. Würde die Zusammensetzung, also der Gehalt an hydrolysierbaren bzw. kondensierten Tanninen die Definitionsgrundlage bilden, wäre die botanische Herkunft der pflanzlichen Tanninextrakte nicht von Bedeutung. Weiterhin entscheidend ist, wie rechtlich mit den weiteren phenolhaltigen Verbindungen im tanninhaltigen Pflanzenextrakt und mit der Variation der Verbindungen bedingt durch die unterschiedliche botanische Herkunft der Naturprodukte umgegangen wird.

Arsen-, Blei-, Cadmium-, Nickel- und Chromgehalt unter einem Milligramm je Kilogramm TM werden von der Firma Silva Team in ihrem tanninhaltigen Pflanzenextrakt genannt (ASQUITH 2012). Entweder werden diese Stoffe natürlicherweise aus dem Boden von den Pflanzen aufgenommen oder sie gelangen erst durch den Herstellungsprozess in das Produkt. Generell ist bei diesen Stoffen die futtermittelrechtliche Höchstgrenze zu beachten.

Zwei Tanninextrakte waren als sensorische Futtermittelzusatzstoffe in der Funktionsgruppe „Aromastoffe“ nach der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung zugelassen. Dabei handelte es sich um *Schinopsis Balansae* (Quebracho colorado condensed tannins extract, CAS No. 1401-55-04) und um ein Tanninextrakt aus der Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill, CAS No. 1401-55-4). Das Tanninextrakt aus der Edelkastanie war zudem noch unter „Silierzusatzstoffe“ in der Liste der zugelassenen Zusatzstoffe in Futtermitteln des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) genannt (Stand: 20. Juni 2011). Mit der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 451/2012 der KOMMISSION vom 29. Mai 2012 über die Marktrücknahme bestimmter in die Funktionsgruppe „Silierzusatzstoffe“ einzuordnender Futtermittelzusatzstoffe wurde das Tanninextrakt aus dem Holz der Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill, CAS No. 1401-55-4) vom Markt genommen. Vorhandene Bestände konnten bis zum 19. Juni 2013 in den Verkehr gebracht werden. Bei dem Tanninprodukt aus *Schinopsis balansae* (Quebracho colorado condensed tannins extract CAS No. 1401-55-04) wurde keine Reevaluierung vorgenommen.

Für eine Vermarktung müsste das entsprechende tanninhaltige Pflanzenextrakt nach der Verordnung (EG) Nr. 767/2009 (DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der

Kommission) neu zugelassen werden. Eine rechtliche Einordnung wäre je nach Zielstellung notwendig. Werden die Tannine während der Silierung eingesetzt, handelt es sich um einen Silierzusatzstoff und nach der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 um einen technologischen Zusatzstoff. Diese werden im Anhang I der genannten Verordnung unter Punkt 1.k als „*Stoffe, einschließlich Enzyme oder Mikroorganismen, die Futtermitteln zugesetzt werden, um die Silageerzeugung zu verbessern*“, definiert. Bei Fütterung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte in einer Totalen Mischration würde es sich um einen Futtermittelzusatzstoff<sup>63</sup> handeln, der nach Artikel 5 die Beschaffenheit des Futters positiv beeinflusst sowie die ökologischen Folgen der Tierproduktion (Reduzierung der ruminalen Methanemission) mindert und einen positiven Einfluss auf die Verdaulichkeit ausübt<sup>64</sup>.

Für eine rechtliche Einordnung ist zu klären, inwiefern ein Risiko für die Gesundheit von Mensch und Tier besteht. Für Tiere wurde eine reduzierende Wirkung auf Magen-Darm-Parasiten festgestellt (siehe 3.4.5.4), dies kann als positiver Effekt auf die tierische Gesundheit gewertet werden. Jedoch sollte von hohen Mengen tanninhaltiger Pflanzenextrakte (> 5 % d. TM) in der tierischen Ration aufgrund verschiedener negativer Effekte (wie reduzierte Futteraufnahme, Rückgang der tierischen Leistung), die in der Literatur beschrieben sind, abgesehen werden. Als Ursache werden vor allem hydrolysierbare Tannine genannt (u. a. SINGLETON und KRATZER, 1969 und REED 1995).

Farmatan® ist ein auf dem Markt käufliches Produkt. Inwiefern dieses Produkt zugelassen ist, konnte durch eigene Recherchen in den zugänglichen Datenbanken nicht geklärt werden. Vertrieben wird Farmatan® von einer Firma mit Sitz in Slowenien. Auf der Internetseite der Firma ([www.tanin.si](http://www.tanin.si)) wird für den Einsatz von Farmatan® in der Tierernährung mit entsprechenden positiven Eigenschaften für diverse Tierarten geworben.

## 6.6 Weitere Wirkungsrichtungen und Einsatzgebiete tanninhaltiger Pflanzenextrakte

Aus ökologischer Sicht sollte der reduzierende Einfluss der tanninhaltigen Pflanzenextrakte auf die ruminale Methanemission nicht vernachlässigt werden (u.a. PUCHALA et al., 2005; ANIMUT et al., 2008). Die Landwirtschaft wird in der Öffentlichkeit als einer der

---

<sup>63</sup> *Futtermittelzusatzstoffe: „Stoffe, Mikroorganismen oder Zubereitung, die keine Futtermittel-Ausgangserzeugnisse oder Vormischungen sind und bewusst Futtermitteln oder Wasser zugesetzt werden, um insbesondere eine der mehrere der in Artikel 5 Absatz 3 genannten Funktionen zu erfüllen.“ (VO (EG) Nr. 1831/2003)*

<sup>64</sup> *Verdaulichkeitsförderer: „Stoffe, die bei der Verfütterung an Tiere durch ihre Wirkung auf bestimmte Futtermittel-Ausgangserzeugnisse die Verdaulichkeit der Nahrung verbessern.“ (VO (EG) Nr. 1831/2003 Anhang I 4.a))*

Hauptverursacher bei der Emission von Treibhausgasen dargestellt und wahrgenommen. Gelingt es durch die Fütterung von Tanninen die Methanemission der Wiederkäuer zu reduzieren, dann wäre dies eine Möglichkeit den Ökologischen Fußabdruck der Milchproduktion zu reduzieren. Die Reduzierung der Methanemission sowie der Proteolyse durch tanninhaltige Pflanzenextrakte während der Silierung, einhergehend mit einer Verringerung von Proteinfuttermittelimporten, hätte positive Effekte auf die Umwelt und könnte einen Beitrag zur Reduzierung des Ökologischen Fußabdrucks leisten. Weitere Forschung zu diesem Thema kann aus diesen Gründen nur befürwortet werden.

Kritisch sollte betrachtet werden, dass beispielsweise das Quebracho-Extrakt aus über 100 Jahre alten Bäumen in Südamerika gewonnen wird. Fraglich ist, inwiefern die produzierenden Länder nachhaltig wirtschaften. Einheimische tanninhaltige Pflanzen enthalten geringere Tanningehalt, es ist davon auszugehen, dass höhere Einsatzmengen notwendig sind, um vergleichbare Effekte, die beispielsweise durch das Quebracho-Extrakt realisiert werden, im Tier zu erzielen.

Maissilage wird seit vielen Jahren als das Grobfutter in der Rinderfütterung aufgrund seines hohen Energiegehaltes in der Milchviehfütterung gegenüber Gras und Graskonservaten favorisiert. Für die Nutzung des Grünlandes spricht, dass es erst durch die Veredlung über das Tier für den Menschen verfügbar ist. Ein Vorteil des Grünlandes sind die niedrigeren Pachtpreise, die im Gegensatz zu Ackerland nicht so stark in den letzten Jahren angestiegen sind. Die extensive Nutzung leistungsfähiger Grünlandstandorte, die politisch gewollt und durch das derzeitige Förderprogramm mit Prämienzahlungen gefördert wird, sollte kritisch hinterfragt werden.

Das Grünland leistet einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz. Es ist bekannt, dass der Boden eine CO<sub>2</sub>-Senke darstellt und die Bewirtschaftungsweise einen großen Einfluss auf das Ausmaß der CO<sub>2</sub>-Speicherung hat. Mehrjährige Pflanzen speichern in ihren Wurzeln mehr CO<sub>2</sub> als einjährige Pflanzen (u.a. UMWELTBUNDESAMT 2011 und SHAO et al., 2015). Somit sollte aus klimarelevanter Sicht die Nutzung des Grünlandes in der Ernährung von Wiederkäuern einen größeren Anteil einnehmen als die Verfütterung von einjährigen Pflanzen (beispielsweise Mais). Dazu müsste jedoch von Seiten der Politik eine Änderung in der aktuellen Förderpolitik betrieben werden. Eine strategische Neuausrichtung der Förderpolitik ist derzeit als unwahrscheinlich zu bewerten.

Bezüglich der Verfütterung von Grünlandaufwüchsen (direkt oder in Form von Konservaten) ist zu hinterfragen, ob die angegebenen Energiegehalte für Futtermittel mit einem hohen Gehalt an pansengeschütztem Protein neu bewertet bzw. anders bewertet werden müssten.

Durch den höheren UDP-Gehalt steht weniger Protein sowie weniger Energie für die Mikroben im Vormagensystem zur Verfügung. Die Anforderung nach bis zu 35 % UDP in der Ration hochleistender Milchkühe könnte mit Hilfe des Einsatzes von tanninhaltigen Pflanzenextrakten während der Silierung von Grünlandaufwüchsen durch eine Reduzierung der Proteolyse nahezu erfüllt werden.

## **6.7 Tannine in Silagen**

TABACCO et al. (2006) heben hervor, dass weitere Untersuchungen notwendig sind, um den optimalen Tanningehalt für eine wiederkäuergerechte Ration zu ermitteln, eine praxistaugliche Methode für die Aufbereitung der Tannine vor dem Silieren zu entwickeln sowie eine Kosten-Nutzen-Analyse für die Anwendung von Tanninen, um den Zukauf von Proteinfuttermitteln zu minimieren, zu erstellen.

In den eigenen Silierversuchen mit Weidelgras (2011) wurden 3,8 % tanninhaltiges Pflanzenextrakt bezogen auf die Weidelgras-TM eingesetzt. Eine Zulage von 3,8 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt ist aus wirtschaftlichen und logistischen Gründen zu hoch für einen Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis, weshalb in den Silierversuchen mit Luzerne (2013) unterschiedliche Mengenanteile zweier tanninhaltiger Pflanzenextrakte (0; 0,5; 1,5 und 3 % Tannine bezogen auf die Silagen-TM) bei zwei verschiedenen TM-Stufen (Ziel: 30 und 40 % TM; realisiert: 35 und 43 % TM) eingesetzt wurden. Ziel der Silierversuche mit Luzerne war es, den größten Effekt mit der kleinsten Tanninmenge zu ermitteln.

Aus den Ergebnissen 2013 lässt sich ableiten, dass die TM einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg zur Reduzierung der Proteolyse während der Silierung durch die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte hatte. Der Anteil der Rohproteinfraktion A am Gesamtprotein war durch den Einsatz von bis zu 3 % tanninhaltigem Pflanzenextrakt (Mimosa oder Quebracho) bei der Variante mit dem niedrigeren TM-Gehalt (35 %) gegenüber dem höherem TM-Gehalt (43 %) im Vergleich zur Kontrolle in der jeweiligen TM-Stufe deutlich reduziert. Des Weiteren zeigten die Versuche, dass nach einer Silierdauer von 180 Tagen keine statistischen Unterschiede zwischen den beiden eingesetzten Tanninprodukten Mimosa und Quebracho ermittelt werden konnten, sondern die eingesetzten Tanninmengen einen entscheidenden Einfluss auf die Reduzierung der Proteolyse hatten.

Möchte man Tannine in den Silagen als Silierzusatz bzw. in der Ration nutzen, ist darauf zu achten, dass kein Harnstoff in der Fütterung eingesetzt wird. Wie bereits in Abschnitt 3.4.5.5 beschrieben, deaktiviert Harnstoff die Tannine in Hirse (RUSSELL und LOLLY, 1989).

Weiterführende Forschungsprojekte sollten sich neben den bekannten tanninhaltigen Pflanzenextrakten auch mit dem Einsatz von einheimischen tanninhaltigen Pflanzen zur Reduzierung der Proteolyse während der Silierung beschäftigen.

## 6.8 Verbleib der Tannine

Die Frage nach dem Verbleib der Tannine im Tier ist eine bisher unerwähnte Thematik. Wenige Studien existieren zu diesem Thema, das jedoch eine wichtige Rolle in einem Zulassungsverfahren der Tannine/tanninhaltigen Pflanzenextrakte hätte. NAKAMURA et al. (2003) stellten in Versuchen mit Ratten nach einer oralen Gabe von 1,0 g Tanninsäure<sup>65</sup> je kg Körpergewicht fest, dass innerhalb von 54 Stunden knapp 3 % der aufgenommenen Tannine über den Urin (0,01 % Gallussäure; 0,10 % 4-O-Methyl-Gallussäure, 0,24 % Pyrogallol und 2,06 % Resorzin<sup>66</sup>) und circa 64 % über den Kot (62,74 % Tanninsäure, 0,19 % Gallussäure, 0,02 % Pyrogallol und 0,76 % Resorzin) ausgeschieden wurden. Dabei waren über 60 % der aufgenommenen Tannine unverändert. Bei 66,12 % der eingesetzten Tannine konnte der Verbleib ermittelt werden und der Verbleib der restlichen 33,78 % lässt sich nach den Autoren NAKAMURA et al. (2003) auf zwei Weisen erklären, die jedoch andere Erklärungsversuche nicht ausschließen sollen. Eine Möglichkeit wäre ein weiterer Abbau von Gallussäure im Intestinal-Trakt, ein Eintritt in den Citratzyklus und somit letztlich eine Ausatmung als CO<sub>2</sub>. Eine andere Möglichkeit wäre, dass nicht alle Verbindungen in den Ausscheidungsprodukten der Tiere nachgewiesen werden konnten, denn die Extraktion von hydrolysierbaren Tanninverbindungen im Kot ist mit Schwierigkeiten verbunden.

Bei Wiederkäuern, die sich durch das Vormagensystem von den Verdauungsprozessen eines Säugetiers unterscheiden, kann die Frage gestellt werden, ob die Tannine nach dem Passieren des Labmagens und bei gestiegenem pH-Wert neue Verbindungen eingehen. Schützen die Tannine erneut Proteine oder möglicherweise andere Verbindungen, die sich im Dünndarm befinden? Einen Hinweis für die Vermutung liefern Studien, die beschreiben, dass Tannine die Enzymaktivität und die Aktivität von Pansenbakterien einschränken (WAGHORN 2008 und MIN et al., 2005) sowie die Eisenverfügbarkeit herabsetzen können (DISLER et al., 1975 und BRUNE et al., 1989).

Im Fokus der Betrachtung dieser Arbeit stand der Einsatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte während der Futterbereitung für lebensmittelliefernde Wiederkäuer. Daraus ergibt sich für

---

<sup>65</sup> hydrolysierbare Tannine

<sup>66</sup> Phenolprodukt



zukünftige Forschungsarbeiten die Frage nach dem Einfluss der Tannine auf die Milchbildung sowie die Milchezusammensetzung von laktierenden Wiederkäuern. Im Fokus der Betrachtung sollte die Frage stehen, ob Tannine in die Milch übergehen können. In einigen bereits zitierten Studien werden Einflüsse auf das Fettsäurenmuster beschrieben. Eine Bewertung der veränderten MilCHFettzusammensetzung, einschließlich einer Bewertung bezüglich möglicher Risiken für den Verbraucher, nach Aufnahme dieser „veränderten“ Milch sollte nicht Gegenstand dieser Arbeit sein. Zu diesem Zweck sollten Fütterungsversuche an lebensmittelliefernden Tieren durchgeführt werden, die eine nachvollziehbare Menge tanninhaltigen Futters aufnehmen und deren Milch über einen längeren Zeitraum untersucht wird.

## **6.9 Tanninhaltige Pflanzenextrakte und ihr Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis**

Im Herbst 2014 wurden tanninhaltige Pflanzenextrakte unter Praxisbedingungen während der Herstellung von Versuchssilagen (im Ballen) für das Bundesinstitut für Risikobewertung eingesetzt. Für die Überprüfung der Praxistauglichkeit wurde eine bewährte Technik verwendet. Die Tannine wurden im Vorfeld in Wasser aufgelöst. Dabei betrug das Mischungsverhältnis zwischen Wasser und tanninhaltigem Pflanzenextrakt fast 1:1. Im Vorfeld wurde getestet wie lange die Lösung aufbewahrt werden kann. Es zeigte sich, dass eine Lagerung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte in der Lösung knapp eine Woche möglich war, danach nahm die Anzahl unerwünschter Keime rapide zu. Für den Landwirt ist das Auflösen in Wasser bei einer entsprechenden Tanninmenge für ein Fahrsilo mit einem nicht zu unterschätzenden Zeitaufwand verbunden. Für den Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis müsste ein praktikabler Lösungsansatz gefunden werden. In trockenem Zustand ist eine gleichmäßige Applizierung auf dem Siliergut mit der praxisüblichen Technik aktuell schwer umsetzbar, ebenso eine gleichmäßige Verteilung der Tannine auf dem Siliergut. Möglicherweise stehen in Zukunft andere Techniken zur Verfügung.

Das Hauptargument für den Einsatz von Tanninen ist die Reduzierung der Proteolyse während der Silierung und eine damit verbundene Reduzierung des Anteils an mikrobiell verdaulichem Protein. Durch eine Erhöhung des Anteils an pansenstabilem Protein in Weidelgrassilagen um neun Prozentpunkte (siehe Ergebnisse der *in situ*-Versuche 2011) ergibt sich ein Einsparungspotential von Proteinfuttermitteln in der Ration; ein hundertprozentiger Ersatz importierter Proteinfuttermittel ohne Leistungseinbußen ist nach dem derzeitigen Wissensstand nicht vorstellbar. Durch tanninhaltige Pflanzenextrakte existiert die Möglichkeit, die Grundfutterleistung zu erhöhen und die Kraftfutterkosten durch

den (teilweisen) Verzicht von Proteinfuttermitteln zu senken. Bei hohen Einkaufspreisen proteinhaltiger Futtermittel könnte eine vermehrte Nutzung von Grünlandeiweiß in der Ration für die Milchproduzenten interessant sein, wenn die Proteinversorgung der Tiere sichergestellt ist. Hierzu müssten die Opportunitätskosten beider Verfahren betrachtet werden. Die Preisentwicklung von Verarbeitungsprodukten wie Sojabohnen und Rapssamen war in den letzten Jahren tendenziell steigend mit Ausnahme der aktuell niedrigen Rohstoffpreise. Der Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten wird vorrangig von der Preisentwicklung von Sojabohnen und Rapssamen abhängen. Nicht abschätzbar ist die Preisentwicklung tanninhaltiger Pflanzenextrakte bei erhöhter Nachfrage. Auch andere Industriezweige, wie die Papierindustrie oder Holzverarbeitende Industrie, setzen dieses Naturprodukt ein. Eine Entwicklung der Nachfrage durch die unterschiedlichsten Einsatzmöglichkeiten ist nicht abschätzbar. Außerdem ist unbekannt, wie schnell die Produzenten tanninhaltiger Pflanzenextrakte auf eine plötzlich ansteigende Nachfrage reagieren können.

Verbraucher, die regionale Produkte bevorzugen und den Einsatz von importierten Proteinträgern ablehnen, sind sicherlich bereit, die Milch und deren Verarbeitungsprodukte preislich besser zu entlohnen. Ein weiteres Argument für den Einsatz tanninhaltiger Pflanzenextrakte in der Milchviehfütterung wäre in diesem Zusammenhang die GVO-Freiheit, da der Einsatz von gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial in der Bevölkerung kontrovers diskutiert und von einem Großteil der Bevölkerung abgelehnt wird.

Weiterhin ist zu überdenken, ob in die aktuelle Grobfutterbewertung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft die Bewertung der Proteinqualität einfließen sollte. Heimische Futterpflanzen könnten von dieser Änderung profitieren, wenn nicht nur der Energiegehalt im Fokus der Betrachtung steht.

## 7 Schlussfolgerung und Ausblick

Tannine bieten die Möglichkeit, die Proteolyse während der Silierung zu reduzieren. In den dargestellten Silierversuchen konnte dies bestätigt werden.

In den Untersuchungen mit Luzerne (2013) ist zu erkennen, dass die Tannine einen größeren Einfluss auf die Proteolyse bei Silagen, die sich durch einen niedrigeren TM-Gehalt auszeichnen, hatten. In diesem Bereich wird auch die Haupteinsatzquelle gesehen. In den eignen Silierversuchen zur Beeinflussung der Proteolyse während der Silierung stellte sich heraus, dass keine statistischen Unterschiede zwischen dem Einsatz von Mimosa und Quebracho existierten, sondern lediglich die Einsatzmengen der tanninhaltigen Pflanzenextrakte eine Bedeutung hatten. Diese Feststellung steht im Kontrast zu den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen verschiedener Silierversuche. Die Einsatzmenge sollte jedoch nicht unabhängig vom TM-Gehalt des Siliergutes bestimmt werden.

Weitere Fütterungsversuche an intakten Tieren werden als notwendig erachtet, um zu überprüfen, ob die orale Aufnahme von tanninhaltigen Pflanzenextrakten einen Einfluss auf die Milchleistung hat sowie ein Übergang von phenolhaltigen Verbindungen in das Lebensmittel Milch stattfindet. Wie bereits beschrieben hatte die unterschiedliche Zusammensetzung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte keinen signifikanten Einfluss auf die Wirkung der Proteolyse während der Silierung. Im Fütterungsversuch an Wiederkäuern ist zu überprüfen, ob dieses Ergebnis auf das Tier zu übertragen ist oder ob für das Tier Unterscheidungen in der Zusammensetzung tanninhaltiger Pflanzenextrakte gemacht werden sollten.

Am nicht intakten Tier sollten Versuche durchgeführt werden, um den Verbleib der Tannine nach der oralen Aufnahme durch das Tier zu ermitteln. Des Weiteren könnten Untersuchungen an gefistelten Tieren zeigen, inwiefern die oral aufgenommenen Tannine postruminal neue Verbindungen eingehen und wann bzw. ob diese im Tier wieder gelöst werden.

Für eine Zulassung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte zum Einsatz in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere ist vor allem zu klären, in welche futtermittelrechtliche Kategorie die tanninhaltigen Pflanzenextrakte eingeordnet werden. Holz ist in der Tierernährung als Einzelfuttermittel rechtlich erlaubt. Bei den tanninhaltigen Pflanzenextrakten handelt es sich um ein Extrakt. Das Holz ist somit nicht mehr in seiner ursprünglichen Form, da Bestandteile gelöst wurden und das Endprodukt anschließend getrocknet wurde. Rechtlich bedeutet dies, dass es sich nicht mehr um ein Einzelfuttermittel

sondern um einen Futtermittelzusatzstoff handelt, der einer gesonderten Zulassung unterliegt. Weiterhin konnte noch nicht abschließend geklärt werden, inwiefern Lösungsmittel (beispielsweise Hexan) bei der Gewinnung der tanninhaltigen Pflanzenextrakte aus dem Stamm bzw. der Baumrinde eingesetzt werden.

Diese und weitere Fragen wären in naher Zukunft zu klären, wenn die Tannine in der Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere kurz- bis mittelfristig eingesetzt werden sollen.

Zum Schluss soll noch darauf hingewiesen werden, dass jeglicher Zusatz zum Siliergut nur eine deutliche Verbesserung in der fertigen Silage hervorbringen kann, wenn die gute fachliche Praxis während der Silageherstellung eingehalten wird. Im Vordergrund steht weiterhin ein schnelles Befüllen des Silos, eine entsprechende Verdichtung sowie ein zügiges Abdecken bzw., wenn sich das Befüllen über mehr als 24 Stunden hinzieht, ein Abdecken des Silos in Ruhezeiten (in der Nacht). Außerdem sollte für eine optimale Verdichtung die Schlagkraft auf dem Feld zu den Bedingungen im Silo angepasst werden. Denn letztlich sind die Bedingungen bei der Ernte sowie der Zeitpunkt der Ernte des Siliergutes und nicht zuletzt die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes entscheidend für die Qualität der fertigen Silage (nach entsprechender Lagerdauer). Wenn die genannten Faktoren nicht harmonisch zusammen passen, kann auch mit dem Einsatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten keine Silage produziert werden, die sich durch eine höhere Proteinqualität auszeichnet.

Die Tannine hatten ihre größte Wirkung bei der niedrigsten TM-Stufe. Es deutet daraufhin, dass dies künftig ein Einsatzgebiet sein könnte. Grüngut, dass aus verschiedenen Gründen nicht länger auf dem Feld/Grünland verbleiben kann, beispielsweise wenn die Trocknungsphase kürzer ausfällt, ist ein mögliches Einsatzgebiet der tanninhaltigen Pflanzenextrakte oder tanninhaltiger Pflanzen, um die Proteolyse, die gerade bei feuchteren Silagen höher ist, zu reduzieren.

## 8 Zusammenfassung

Tannine gehören zu den phenolhaltigen Verbindungen und galten in der Tierernährung bisher als sekundäre unerwünschte Pflanzeninhaltsstoffe. Sie werden in der Regel in zwei Hauptgruppen eingeteilt: kondensierte und hydrolysierbare Tannine. Die kondensierten Tannine können aufgrund ihrer Größe nicht vom Tier über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden und werden wieder ausgeschieden, im Gegensatz zu den hydrolysierbaren Tanninen, die im Magen-Darm-Trakt gespalten und anschließend über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden können. Sie galten lange als unerwünschte Stoffe, da sie die Futteraufnahme reduzieren.

Tannine können einen Einfluss auf Magen-Darm-Parasiten im Wiederkäuer haben, die Emissionsrate von Methan aus den Vormägen reduzieren und außerdem können kondensierte Tannine die N-Verdaulichkeit im Pansen beeinflussen. Forschungsarbeiten zu den unterschiedlichsten Aspekten sind in den letzten Jahren durchgeführt worden.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchungen stand die Quantifizierung der Reduzierung der Proteolyse während der Silierung in Folge der Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten unterschiedlicher Herkunft zum Siliergut. Zu diesem Zweck wurden zunächst in Silierversuchen zwei tanninhaltige Pflanzenextrakte unterschiedlicher botanischer Herkunft (Mimosa und Quebracho) alleine sowie in Kombination mit Silierzusätzen (biologischen sowie biologischen in Kombination mit einem chemischen) dem Ausgangsmaterial am Beispiel Weidelgras (*Lolium perenne L.*) zugesetzt. Folgend wurden die Effekte unterschiedlicher Konzentrationen der beiden tanninhaltigen Pflanzenextrakte sowie die Effekte bei unterschiedlichen TM-Gehalten des Siliergutes auf den Umfang der Proteolyse am Beispiel der Luzerne (*Medicago sativa L.*) geprüft. Die Silierversuche wurden in Glas-Laborsilos mit einem Fassungsvermögen von jeweils 2,5 Litern unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt.

In den Versuchen konnte gezeigt werden, dass die Tannine einen deutlichen Einfluss auf die Proteolyse während der Silierung insbesondere in den ersten Tagen hatten. Die Beurteilung der Effekte der Zulage von tanninhaltigen Pflanzenextrakten basierte unter anderem auf Veränderungen der Parameter der Rohproteinfraktionierung nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Durch den Zusatz von tanninhaltigen Pflanzenextrakten konnte der Abbau von schwer- und mittellöslichen Rohproteinfraktionen (Fraktionen B1-B3) zur leichtlöslichen Rohproteinfraktion (Fraktion A) signifikant minimiert werden, parallel stieg der Gehalt der pansenstabilen Rohproteinfraktionen.

Die Effekte unterschiedlicher TM-Gehalte in den Silierversuchen mit Luzerne (*Medicago sativa* L.) zeigten, dass die eingesetzten tanninhaltigen Pflanzenextrakte unabhängig von ihrer botanischen Zusammensetzung in ihrer Wirkung umso höher waren je geringer der TM-Gehalt war.

Unter den gegebenen Voraussetzungen deutet sich ein Einsatz von 3% tanninhaltigen Pflanzenextrakten als günstig an, um die Proteolyse nachhaltig zu reduzieren und damit ein Grundfutter zur Verfügung zu stellen, von dem angenommen werden kann, dass es bei der Verfütterung an hochleistende Milchkühe einen positiven Effekt auf die N-Bilanz der Tiere hat und damit auch eine Möglichkeit aufzeigt, die Eiweißversorgung durch einheimische Futtermittel zu verbessern.

## Summary

Tannins belong to phenol compounds and have traditionally been classified as antinutritive substances in animal nutrition.

Tannins are usually divided into two groups: hydrolyzed and condensed tannins.

Condensed tannins cannot be absorbed through the gastrointestinal tract, due to their size and are therefore excreted. Hydrolyzed tannins, in contrast, are split and absorbed in the gastrointestinal tract. For a long time hydrolyzed tannins have been considered undesirable in animal nutrition because they decrease feed intake.

Tannins can affect the number of parasites in the gastrointestinal tract of ruminants. They can reduce the methane emissions from ruminal fermentation. In particular condensed tannins can influence the protein digestibility. In the past few years many research studies have been carried out to find out more about the different effects of tannins in the nutrition of ruminants. The present study focused on reducing proteolysis during ensilage by supplementing tannin extracts from different botanical sources. Ensilage studies were carried out with *Lolium perenne* dominated forage and two different tanniniferous extracts (Mimosa and Quebracho) alone as well as in combination with silage additives (biological and combined products). In a second study, the effects of different tannin concentrations and two different dry matter levels on proteolysis during ensilage were tested with alfalfa (*Medicago sativa* L.). For the ensilage research glasses (mini-silos) of 2.5 l were used to control ensiling conditions.

The results show that tannin extracts definitely reduce proteolysis during the first days of ensilage. The protein fractionation of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) was used as indicator. Degradations from slightly soluble (B1 – B3) to easily soluble (A) fractions were significantly reduced by the addition of tannin extracts. At the same time, the level of rumen undegradable true protein was increased.

The alfalfa study used different dry matter levels showing that by supplementing tannin extracts the wetter the silage was, the clearer the effect on reducing proteolysis .

Our study suggests that the supplementation of 3 % of tannin extracts based on forage dry matter significantly reduces proteolysis during ensilage. Thus, the resulting silage has a positive influence on the nitrogen balance and can be included as an excellent local source of true protein in a diet of high-yielding lactating dairy cows.





## 9 Verzeichnisse

### 9.1 Literaturverzeichnis

- AERTS, R.J.; BARRY, T.N., und MCNABB, W.C. (1999):** Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems und Environment*, Vol. 75, Nr. 1, 1-12.
- ALBRECHT, K. A. und MUCK, R.E. (1991):** Proteolysis in Ensiling Forage Legumes That Vary in Tannin Concentration. *Crop Science* 31, 464-469.
- ANIMUT, G.; PUCHALA, R.; GOETSCH, A.L. PATRA, A.K.; SAHLI, T.; VAREL, V.H., und WELLS, J. (2008):** Methan emission by goats consuming different sources of condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology* 144, 228-241.
- ANONYM (2006):** Vorschrift zur Durchführung der in situ-Methode an Rindern und zur Auswertung der Daten. Unveröffentlichtes Manuskript. Fachgruppe V, VDLUFA.
- ANONYM (2011):** Otto Dille®. Vegetabile Gerbstoffe. <http://www.otto-dille.de/vegetabile-gerbstoffe.html#quebracho-extrakt> (Stand: 02.02.2017).
- ANONYM (2012):** Silvaeed ByPro, Product Data Sheed, SilvaTeam, Italien, persönliche Mitteilung.
- ASQUITH, T. N. und BUTLER, L. G. (1985):** Interactions of condensed tannins with selected proteins. *Phytochemistry* 25, No. 7, 1591-1593.
- BARAHONA, R.; LASCANO, C. E.; COCHRAN, R.; MORRILL, J. und TITGEMEYER, E. C. (1997):** Intake, Digestion, and Nitrogen Utilization by Sheep Fed Tropical Legumes with Contrasting Tannin Concentration and Astringency. *Journal of Animal Feed Science* 75, 1633-1640.
- BARRY, T.N.; MANLEY, T.R., und DUNCAN, S.J. (1986):** The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. *British Journal of Nutrition* 55, 123-137.
- BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; MARTINEZ, T.F., und MCALLISTER, T.A. (2007):** Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 85, 1990-1996.
- BEECHER, G.R. (2003):** Overview of Dietary Flavonoids: Nomenclature, Occurrence and Intake. *The Journal of Nutrition* 133, 3248S-3254S.
- BENGALY, K.; MHLONGO, S. und NSAHLAI, I. V. (2007):** The effect of wattle tannin in intake, digestibility, nitrogen retention and growth performance of goats in South Africa. *Livestock Research for Rural Development* 19 (4), Artikelnr. 50, <http://www.lrrd.org/lrrd19/4/beng19050.htm> (Stand: 02.02.2017).
- BEN SALEM, H. und MAKKAR, H.P.S. (2009):** Cost-effective and environmentally friendly options to improve livestock performance in dry areas. Tagungsband, FAO/IAEA International Symposium on Sustainable Improvement of Animal Production and Health, 8-11.6.2009, Vienna, Austria, 172-173.
- BHAT, T. K.; SINGH, B. und SHARMA, O. P. (1998):** Microbial degradation of tannins – A current perspective. *Biodegradation* 9, 343-357.

- BODAS, R.; PRIETO, N.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ANDRÉS, S.; GIRÁLDEZ, F.J., und LÓPEZ, S. (2012):** Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology* 176, 78-93.
- BRADY, C.J. (1960):** Redistribution of Nitrogen in Grass and Leguminous Fodder Plants during wilting and ensilage. *Journal of Science Food and Agriculture* 11, 276-284.
- BRUNE, M.; ROSSANDER, L. und HALLBERG, L. (1989):** Iron adsorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. *European Journal of Clinical Nutrition* 43 (8), 547-557.
- CABIDDU, A.; MOLLE, G.; DECANDIA, M.; SPADA, S.; FIORI, M.; PIRREDDA, G., und ADDIS, M. (2009):** Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium L.*) grazed by dairy sheep. Part2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science* 123, 230-240.
- CARPINTERO, C.M.; HENDERSON, A. R., und McDONALD, P. (1979):** The effect of some pre-treatments on proteolysis during the ensilage of herbage. *Grass and Forage*, Vol. 34, 311-315.
- CASTRO-MONTOYA, J.; HENKE; A. MOLKENTIN, J.; KNAPPSTEIN, K.; SUSENBETH, A. und DICKHÖFER, U. (2016):** Relationship between milk odd and branched-chain fatty acids and urinary purine derivatives in dairy cows supplemented with quebracho tannins – A study to test milk fatty acids as predictors of rumen microbial proteins synthesis. *Animal Feed Science and Technology* 214, 22-33.
- CHARMLEY, E. und VEIRA, D. M. (1990):** Inhibition of proteolysis at harvest using heat in alfalfa silages: effects on silage composition and digestion by sheep. *Journal of animal science*, 68, 758-766.
- CHRIST, M. (2011):** Gefriertrocknung mit System.  
[http://www.martinchrist.de/fileadmin/my\\_uploads/christ/Gefriertrocknung\\_mit\\_System.pdf](http://www.martinchrist.de/fileadmin/my_uploads/christ/Gefriertrocknung_mit_System.pdf)  
(Stand: 10.06.2011).
- CLAUSEN, T.P.; PROVENZA, F.D.; BURRITT, E.A.; REICHARDT, P.B., und BRYANT, J.P. (1990):** Ecological implications of condensed tannin structure: a case study. *Journal of Chemical Ecology* 16, No. 8, 2381-2392.
- CLIFFORD, M., und SCALBERT, A. (2000):** Ellagitannins – nature, occurrence and dietary burden. *Science Food and Agriculture* 80 (7), 1118-1125.
- COBLENTZ, W.K. und GRABBERT, J. H. (2013):** In situ protein degradation of alfalfa and birdsfoot trefoil hays and silage as influenced by condensed tannin concentration. *Journal of Dairy Science* 96, 3120-3137.
- COLOMBINI, S.; COLOMBARI, G.; CROVETTO, G.M.; GALASSI, G., und RAPETTI, L. (2009):** Tannin treated lucerne silage in dairy cow feeding. *Italian Journal of Animal Science* 8 (Suppl. 2), 289-291.
- DAWSON, J. M.; BUTTERY, P. J.; JENKINS, D.; WOOD, C. D. und GILL, M. (1999):** Effects of dietary quebracho tannin on nutrient utilisation and tissue metabolism in sheep and rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79, 1423-1430.
- DEAVILLE, E.R.; GIVENS, D.I., und MUELLER-HARVEY, I. (2010):** Chestnut and mimosa tannin silage: Effects in sheep differ for apparent digestibility, nitrogen utilisation and losses. *Animal Feed Science and Technology* 157, 129-138.

**DELGADO, D.C.; GALINDO, J.; GONZÁLEZ, R. und GONZÁLEZ, N. (2009):** Potential of tropical plants to exerting defaunating effects in the rumen and to reduce the methane production. Tagungsband, FAO/IAEA International Symposium on Sustainable Improvement of Animal Production and Health, 8-11.6.2009, Vienna, Austria, 167-168.

**DE OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T.T.; DOS SANTOS PEDREIRA, M.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R., und LIMA, M. A. (2007):** Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology* 135, 236-248.

**DING, W. R.; LONG, R. J. und GUO, X. S. (2013):** Effects of plant enzyme inactivation or sterilization on lipolysis and proteolysis in alfalfa silage. *Journal of Dairy Science* 96, Issue 4, 2536-2543.

**DISLER, P.B.; LYNCH, S. R.; CHARLTON, R.W, TORRANCE, J.D.; BOTHWELL, T.H: WALKER, R.B. und MAYET, F. (1975):** The effect of tea on iron adsorption. *GUT (An International Journal of Gastroenterology and Hepatology* 16 (3), 193-200.

**DOIG, A.J.; DUDLEY, H.W.; OELRICHS, P.B., und BACZYNSKYJ, L. (1990):** Isolation and Structure Elucidation of Pincicalagin, a Toxic Hydrolysable Tannin, from *Terminalia oblongata*. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions* 1, 2317-2321.

**DRIEDGER, A., und HATFIELD, E.E. (1972):** Influence of Tannins on the Nutritive Value of Soybean Meal for Ruminants. *Journal of Animal Science* 34, 3, 465-468.

**DSCHAAK, C.M.; WILLIAMS, C.M.; HOLT, M.S.; EUN, J.-S.; YOUNG, A.J., und MIN, B.R. (2011):** Effects of supplementing condensed tannin extract on intake, digestion, ruminal fermentation, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94, No. 5, 2508-2519.

**FAIRBAIRN, R.; ALLI, I., und BACKER, B. (1988):** Proteolysis Associated with the Ensiling of Chopped Alfalfa. *Journal of Dairy Science* 71, 152-158.

**FEENY, P. P. und BOSTOCK, H. (1968):** Seasonal changes in the tannin content of oak leaves. *Phytochemistry*, Vol. 7, 871-880.

**FRIESEN, N. (2011):** *Clidemia Hirta*. Botanischer Garten Universität Osnabrück, [http://www.biologie.uni-osnabrueck.de/bogos/Projekte/Pflanzenportraits/Site/Clidemia\\_hirta\(96-05-0017-10\).html](http://www.biologie.uni-osnabrueck.de/bogos/Projekte/Pflanzenportraits/Site/Clidemia_hirta(96-05-0017-10).html) (Stand: 14.02.2011)

**GABEL und BICKEL (2006):** Die Silierung eiweißreicher Grünfütterleguminosen – Untersuchungen zur Proteolyse und deren Beeinflussbarkeit. Schlußbericht zum Projekt 01 HS 023 der BLE an der Universität Rostock, <http://download.ble.de/01HS023.pdf> (Stand: 02.02.2017).

**GETACHEW, G.; PITTROFF, W.; PUTNAM, D.H.; DANDEKAR, A.; GOYAL, S., und DEPETERS, E.J. (2008):** The influence of addition of gallic acid, tannic acid, or quebracho tannins to alfalfa hay on *in vitro* rumen fermentation and microbial protein synthesis. *Animal Feed Science and Technology* 140, 444-461.

**GfE (1991):** Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. Herausgeber: Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungypysiologie, Frankfurt veröffentlicht in *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 65, 229-234.

**GfE (2001):** Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 8. DLG-

Verlag, Frankfurt am Main.

**GfE (2016):** Gleichung zur Schätzung der Umsetzbaren Energie und der Verdaulichkeit der Organischen Substanz von Grobfutterleguminosen für Wiederkäuer. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Juni 2016.

**GOERITZ, M.; LOGES, R., und TAUBE, F. (2009):** Analyse des Anbaupotentials tanninreicher Futterpflanzen. 53. Jahrestagung der AGGF 2009 in Kleve: Futterbau und Klimawandel – Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase, Postersektion: Futterqualität und Fütterung

**GUO, X.; ZHOU, H.; YU, Z. und ZHANG, Y. (2007):** Changes in the distribution of nitrogen and plant enzymatic activity during ensilage of lucerne treated with different additives. Grass and Forage Science 62, 5-43.

**GUO, X. S.; DING, W. R., HAN, J. G. und ZHOU, H. (2008):** Characterization of protein fractions and amino acids in ensiled alfalfa treated with different chemical additives. Animal Feed Science and Technology 142, 89-98.

**HAGERMAN, A. E., und BUTLER, L.G. (1981):** The Specificity of Proanthocyanidin-Protein Interactions. The Journal of Biological Chemistry 256 (9), 4494-4497.

**HART, K.J.; WILKINSON, R.G.; SINCLAIR, L.A. und HUNTINGTON, J.A. (2005):** Utilisation of whole-crop pea silages differing in condensed tannin content as a replacement for soya bean meal in the diet of dairy cows. Tagungsbeitrag Silage: Production and Utilisation: Proceedings of the XIVth International Silage Conference, Northern Ireland, 183.

**HASLAM, E.; HAWORTH, R.D.; JONES, K., und ROGERS, H.J. (1961):** Gallotannins. Part I. Introduction: and the Fractionation of Tannase. Journal of Chemical Society 0, 1829-1835.

**HASLAM, E. (1989):** Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge.

**HASLAM, E. (1989):** Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge nach **SEGUIN, A. (1796):** Rapport du Comité de Salute Public sur les nouveaux moyens de tanner les cuirs proposés par le cit. Annales de Chimie Science des Matériaux 20,15.

**HASLAM, E. (1989):** Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge nach **BATE-SMITH, E.C. und SWAIN, T. (1962):** Comparative Biochemistry, eds. Mason, H.S. and Florkin, A.M., Vol. 3. New York: Academic Press, 764.

**HASLAM, E. (1989):** Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited. Cambridge University Press, Cambridge und **HASLAM, E. (1998):** Practical Polyphenolics, From Structure to Molecular Recognition and Physiological Action. Cambridge University Press, Cambridge nach **WHITE, T. (1957):** Tannins – their occurrence and significance. Journal of the Science of Food and Agriculture 8, 377.

**HASLAM, E. (1998):** Practical Polyphenolics, From Structure to Molecular Recognition and Physiological Action. Cambridge University Press, Cambridge.

**HASSAN, I.A.G., und EL TINAY A.J.H. (1995):** Effect of fermentation on tannin content and *in-vitro* protein and starch digestibilities of two sorghum cultivars. Food Chemistry 53 (2), 149-151.

**HASSANAT, F., und BENCHAAAR, C. (2013):** Assessment of the effect of condensed (acacia and quebracho) and hydrolysable (chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production *in vitro*. Journal of Food Science and Agriculture 93, 332-339.

**HERVÁS, G.; FRUTOS, P.; JAVIER GIRÁLDEZ, F.; MANTECÓN, A.R., und ÁLVAREZ DEL PINO, M.C. (2003):** Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. Animal Feed Science and Technology 109, 65–78.

**HOEDTKE, S.; GABEL, M. und ZEYNER, A. (2010):** Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übersicht Tierernährung 38, 157-179.

**HOEDTKE, S.; GABEL, M. und ZEYNER, A. (2010):** Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übersicht Tierernährung 38, 157-179 nach **MÜNTZ, K. (1984):** Stickstoffmetabolismus der Pflanze. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

**HRISTOV, A. N., und SANDEV, S. G. (1998):** Proteolysis and rumen degradability of protein in alfalfa preserved as silage, wilted silage or hay. Animal Feed Science and Technology 72, 1-2, 175-181.

**JAYANEGARA, A.; MAKAR, H.P.S., und BECKER, K. (2009):** Methane reduction properties of tannins containing plants, simple phenols and purified tannins in *in vitro* rumen fermentation system. Tagungsband, FAO/IAEA International Symposium on Sustainable Improvement of Animal Production and Health, 8-11.6.2009, Vienna, Austria, 92-93.

**JONES, G.A.; MCALLISTER, T.A.; MUIR, A.D., und CHENG, K.-J. (1994):** Effects of Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Condensed Tannins on Growth and Proteolysis by Four Strains of Ruminant Bacteria. Applied and Environmental Microbiology 60 (4), 1374-1378.

**JONES, B.A.; MUCK, R.E. und HATFIELD, R.D. (1995):** Red Clover Extracts Inhibit Legume Proteolysis. Journal of Science Food and Agriculture 67, 329-333.

**JORMALAINEN, V.; HONKANEN, T.; KOIVIKKO, R., und ERÄNEN, J. (2003):** Induction of phlorotannin production in a brown alga: defence or resource dynamics?, Oikos 103, 640-650.

**KARDEL, M.; TAUBE, F.; SCHULZ, H.; SCHÜTZE, W. und GIERUS, M. (2013):** Different approaches to evaluate tannin content and structure of selected plant extracts – review and new aspect. Journal of Applied Botany and Food Quality 86, 154-166.

**KARIUKI, I.W., und NORTON, B.W. (2008):** The digestion of dietary protein bound by condensed tannins in the gastro-intestinal tract of sheep. Animal Feed Science and Technology 142, 197-209.

**KIRCHHOF, S. (2007):** Kinetik des ruminalen *in situ*-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu- ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Dissertation, Kiel, Agrar- und Ernährungswissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts- Universität Kiel, S. 64 f.

**KIRCHHOF, S.; EISNER, I.; GIERUS, M. und SÜDEKUM, K.-H. (2010):** Variation in the content of crude protein fractions of different forage legumes during the spring growth. Grass and Forage Science 65, 376-382.

**KOFAHL, A. (2009):** Methodische Untersuchungen zur Beurteilung der proteolytischen Aktivität, der Proteolyse und der Desmolyse bei der Silierung eiweißreicher Grünfütterleguminosen. Dissertationsarbeit, <http://rosdok.uni->

rostock.de/file/rosdok\_derivate\_000000003825/Dissertation\_Kofahl\_2009.pdf (Stand: 02.02.2017).

**KOHN, R. A.; DOU, Z. FERGUSON, J.D. und BOSTON, R.C. (1997):** A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. *Journal of Environmental Management* 50, 417-428.

**KONDO, M.; HIRONA, Y.; KITA, K.; JAYANEGARA, A. und YOKOTA, H. (2014):** Fermentation Characteristics, Tannin Contents and In vitro Ruminal Degradation of Green Tea and Black Tea By-products Ensiled at Different Temperatures. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 2014 Jul;27(7):937-45

**KUMAR, R. und VAITHIYANATHAN, D. (1990):** Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. *Animal Feed Science and Technology* 30, 21-28.

**LAVRENČIĆ und LEVART (2005):** Tannins as silage additives. Tagungsband, 4.BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG, Tierernährung ohne antibiotische Leistungsförderer, 27.Oktober 2005, Wien, 168-173.

**LAVRENČIĆ und LEVART (2006):** EFFECT OF TANNINS ON GRASS SILAGE COMPOSITION. *Krmiva* 48 (2006), Zagreb, 2, 87-93.

**LEINMÜLLER, E.; STEINGASS, H. und MENKE, K. H. (1991):** Tannine in Futtermitteln für Wiederkäuer II. Wirkung auf den Pansenstoffwechsel in vitro. *Übersicht Tierernährung* 19, 45-70.

**LENGERKEN und ZIMMERMANN (1991):** Handbuch der Futtermittelprüfung, 1. Auflage 1991, 379.

**LI, Y. und NISHINO, N. (2005):** Bacterial and fungal communities of wilted Italian Ryegrass silage inoculated with and without *Lactobacillus rhamnosus* or *Lactobacillus buchneri*. *Letters in Applied Microbiology* 52, 314-321.

**LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M., und VAN SOEST, P.J. (1996):** Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358.

**LIEBEREI, R. und REISDORFF, C. (2012):** Nutzpflanzen. 8. Auflage, Georg Thieme Verlag, 57.

**LÓPEZ-ANDRÉS, P.; LUCIANO, G.; VASTA, V.; GIBSON, T. M.; BIONDI, L.; PRIOLO, A. und MUELLER-HARVEY, I. (2013):** Dietary quebracho tannins are not adsorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. *British Journal of Nutrition* 110, 632-639.

**LORENZ, M. M.; ERIKSSON, T. und UDÉN, P. (2010):** Effects of wilting, silage additive, PEG treatment and tannin content on the distribution of N between different fractions after ensiling of the three different sainfoin (*onobrychis viciifolia*) varieties. *Grass and forage science* 65, 2, 175-184.

**LUCIANO, G.; MONAHAN, F.J.; VASTA, V.; BIONDI, L.; LANZA, M., und PRIOLO, A. (2009):** Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*, Vol. 81, Issue 1, 120-125.

**LÜHS, W.; BAETZEL, R. und FREIDT, W. (2000):** Zur Kombinierbarkeit von hoher Saatgutqualität und wertvollen Korninhaltsstoffen bei Raps (*Brassica napus*): Möglichkeiten und Grenzen. Bericht über die 51. Arbeitstagung 2000 der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, BAL Gumpenstein, 21. – 23. November 2000, Österreich .  
<http://www.raumberg->

gumpenstein.at/c/index.php?option=com\_docman&task=doc\_view&gid=487&Itemid=100103 (Stand: 31.07.2013).

**LUI, H.; VADDELLA, V., und ZHOU, D. (2011):** Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. *Journal of Dairy Science* 94, 6069-6077.

**MADSEN, J., und HVELPLUND, T. (1994):** Prediction of in situ protein degradability in the rumen. Results of a European ringtest. *Livestock Production Science* 39, 201-212.

**MAKKAR, H.P.S. (2003):** Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual, Kluwer Academic Publishers, 48.

**MAKKAR, H.P.S., und BECKER, K. (1996):** Effect of pH, temperature, and time on inactivation of tannins and possible implications detannification Studies. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 44, 5, 1291-1295.

**MAURICIO, R.M.; CARVALHO, W.T.V.; GONÇALVES, L.C., und SOUSA, L.F. (2009):** The effect of Polyethylene glycol and wood ash on the detannification of sorghum evaluated by an in vitro gas production profile and organic matter degradation. Tagungsband, FAO/IAEA International Symposium on Sustainable Improvement of Animal Production and Health, 8-11.6.2009, Vienna, Austria, 51-52. Projektarbeit von 10/2009 bis 12/2005,

**MAX, R.A.; KIMAMBO, A.E.; KASSUKU, A.A.; MTENGA, L.A., und BUTTERY, P.J. (2006):** The effect of wattle tannin drench or an acacia meal supplement on faecal egg counts and total worm burdens of tropical sheep with an experimental nematode infection. <http://www.dfid.gov.uk/r4d/PDF/Outputs/R7424e.pdf> (Stand: 02.02.2017).

**MCDONALD, P., und EDWARDS, R.A. (1976):** The influence of conservation methods on digestion and utilization of forages by ruminants. *Cambridge Journals, Proceedings of the Nutrition Society* 35 (02), 201-211.

**MCKERSIE, B.D. (1985):** Effect of pH on Proteolysis in Ensiled Legume Forage. *Agronomy Journal*, 77, No.1, 81-86.

**MCMAHON, L.R.; MCALLISTER, T.A.; BERG, B.P.; MAJAK, W.; ACHARYA, S.N.; POPP, J.D.; COULMAN, B.E.; WANG, Y., und CHENG, K.-J. (2000):** A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Canadian Journal of Plant Science* 80, 460-485.

**MCSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; BUNCH, R., und KRAUSE, D.O. (1999):** In vitro quality assessment of tannin-containing tropical shrub legumes: protein and fibre digestion. *Animal Feed Science and Technology* 82, 227-241.

**MIN, B.R. und HART, S.P. (2003):** Tannins for suppression of intestinal parasites. *Journal of Animal Science* 81, E102-E109.

**MIN, B.R.; ATTWOOD, G.T.; MCNABB, W.C.; MOLAN, A.L., und BARRY, T.N. (2005):** The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology* 121, Issue 1-2, 45-58.

**MISSELBROOK, T.H.; POWELL, J.M.; BRODERICK, G.A., und GRABBER, J.H. (2005):** Dietary Manipulation in Dairy Cattle: Laboratory experiments to assess the influence on ammonia emissions. *Journal of Dairy Science* 88, 1765-1777.

**MOLE, S., und WATERMAN, P.G. (1985):** Simulatory effects of tannins and cholic acid on tryptic hydrolysis of proteins: ecological implications. *Journal of Chemical Ecology* 11, No. 5, 1323-1332.

- MUELLER-HARVEY, I. (2001):** Analysis of hydrolysable tannins. *Animal Feed Science and Technology* 91, 1-2, 3-20.
- MUPANGWA, J.F.; ACAMOVIC, T.; TOPPS, J.H.; NGONGONI, N.T., und HAMUDIKUWANDA, H. (2000):** Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. *Animal Feed Science and Technology* 83, 139-144.
- MURDIATI, T.B.; MCSWEENEY, C.S.; CAMPELL, R.S.F., und DOUGLAS, S. (1990):** Prevention of hydrolysable tannin toxicity in goats fed *Clidemia hirta* by calcium hydroxide supplementation. *Journal of Applied Toxicology* 10 (5), 325-331.
- MUTABARUKA, R.; HAIRIAH, K. und CADISCH, G. (2007):** Microbial degradation of hydrolysable and condensed tannin polyphenol-protein complexes in soils from different land-use histories. *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1479-1492.
- MYINT, K.H. (2009):** Animal nutrition and optimized utilization of locally available resources. Tagungsband, FAO/IAEA International Symposium on Sustainable Improvement of Animal Production and Health, 8-11.6.2009, Vienna, Austria, 17-20.
- NAKAMURA, Y.; TSUJI, S. und TONOGAI, Y. (2003):** Method of analysis of tannic acid and its metabolites in biological samples: application to tannic acid metabolism in rat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51, 331-339.
- ODENYO, A.A.; OSUJI, P.O. KARANFIL, O. und ADINEW, K. (1997):** Microbiological evaluation of *Acacia angustissima* as a protein supplement for sheep. *Feed Animal Science and Technology* 65, Issue 1-4, 99-112.
- OH, H. I.; HOFF, J.E.; G. S. ARMSTRONG, G.S., und HAFF, L.A. (1980):** Hydrophobic interaction in tannin-protein complexes. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 28, 394-398.
- OH, H.-I., und HOFF, J.E. (1987):** pH dependence of complex formation between condensed tannins and proteins. *Journal of Food Science* 52 (2), 1267-1269.
- ØRSKOV, E.R. und McDONALD, I. (1979):** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agriculture Science*, 92 (02), 499-503.
- OSMAN, M. A. (2003):** Changes in sorghum enzyme inhibitors, phytic acid, tannins and in vitro protein digestibility occurring during Khamir (local bread) fermentation. *Food Chemistry* 88 (1), 129-134.
- PATRA, A. K., und SAXENA, J. (2010):** Review: A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71, 1198-1222.
- PIEPHO, H.P. (2013):** Makro Mult für SAS. <https://www.uni-hohenheim.de/bioinformatik/beratung/toolsmacros/sasmacros/mult.sas> (Stand: 02.02.2017).
- PONCET, C., und RÉMOND, D. (2002):** Rumen digestion and intestinal nutrient flows in sheep consuming pea seeds: the effect of extrusion or chestnut tannin addition. *Animal Research* 51, 201-216.
- PRIES, M. und MENKE, A. (2014):** Verdaulichkeitsmessungen von Tannin angereicherte Milcheistungsfutter. *Riswicker Ergebnisse* 1/2014, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- PRIOLO, A.; WAGHORN, G.C.; LANZA, M.; BIONDI, L. und PENNISI, P. (2000):** Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science* 78, 810-816.



**PRITCHARD, D.A.; STOCKS, D.C.; O’SULLIVAN, B.M.; MARTIN, P.R.; HURWOOD, I.S. und O’ROURKE, P.K. (1988):** The effect of polyethylene glycol (PEG) on wood growth and liveweight of sheep consuming a mulga (*Acacia aneura*) diet. *Australien Society of Animal Production Proceedings* 17, 290-293.

**PUCHALA, R.; MIN, B.R; GOETSCH, A.L., und SAHLU, T. (2005):** The effect of condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science* 83, 182-186.

**REED, J.D. (1995):** Nutritional toxicology of tannins in related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* 73, 1516-1528.

**REED, J.D.; KRUEGER, C., RODRIGUEZ, G., und HANSON, J. (2000):** Secondary Plant Compounds and Forage Evaluation. CAB International 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition, 433-448.

**RICHARDT, W. (2003):** Hausmethode Enquete 342 M. Persönliche Mitteilung, Methode orientiert sich an den Arbeiten von **LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M., und VAN SOEST, P.J. (1996):** Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358, modifiziert nach **SHANNAK, S., SÜDEKUM, K.-H., und SUSENBETH, A. (2000):** Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Animal Feed Science and Technology* 85 (2000), 195-214.

**RICHARDT, W. (2013):** persönliche Mitteilung.

**RICHARDT, W. (2015):** Hausmethode LKS FMUAA 127 a, persönliche Mitteilung.

**ROFFAEL, E.; DIX, B. und SCHNEIDER, T. (2002a):** Zur Verwendung von Tanninen als Bindemittel in der Holzwerkstoffindustrie. *Forstarchiv* 73, 15-22.

**ROFFAEL, E.; DIX, B. und SCHNEIDER, T. (2002b):** Verleimung mit polyphenolischen Extraktstoffen. *Holz-Zentralblatt* 128 (5), DRW-Verlag Weinbrenner, 68.

**RUSSELL, R.W. und LOLLY, J.R. (1989):** Deactivation of tannin in high tannin milo by treatment with urea. *Journal of Dairy Science* 72, 2427-2730.

**SALAWU, M.B.; ACOMOVIC, T.; STEWART, C.S. und HOVELL, F.D.DEB. (1997) :** Quebracho tannins with or without Browse Plus (a commercial preparation of polyethylene glycol) in sheep diets: effect on digestibility of nutrients in vivo and degradation of grass hay in sacco and in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 69, 67-78.

**SALAWU, M.B.; ACOMOVIC, T.; STEWART, C.S.; HVELPLUND, T., und WEISBJERG, M.R. (1999):** The use of tannins as silage additives: effects on silage composition and mobile bag disappearance of dry matter and protein. Elsevier, *Animal Feed and Technology* 82, 234-259.

**SALAWU, M.B.; WARREN, E. H., und ADESOGAN, A. T. (2001):** Fermentation characteristics, aerobic stability and ruminal degradation of ensiled pea/wheat bi-crop forages treated with two microbial inoculants, formic acid or quebracho tannins. Society of chemical Industry, *Journal of the science of Food and Agriculture* 81, 1263-1268.

**SANTOS-BUELGA, C., und SCALBERT, A. (2000):** Review: Proanthocyanidins and tannin-like compounds – nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 1094-1117.

**SCHARENBERG, A.; ARRIGO, Y.; GUTZWILLER, A.; SOLIVA, C.R.; PERROUD, A.; WYSS, U.; KREUZER, M. und DOHME, F. (2005):** Akzeptanz von Futterpflanzen mit Vorkommen von kondensierten Tanninen bei Schafen und ihre Gehalte an nutzbarem Rohprotein. 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4.März 2005.

- SCHMIDT, H. (2001):** Zur Herstellung von emissionsarmen tanningebundenen Spanplatten – Stand der Erkenntnisse und eigene Untersuchungen. Dissertation an der Georg August Universität Göttingen, Shaker Verlag Aachen.
- SCHULZ, V., und HÄNSEL, R. (2004):** Rationale Phytotherapie. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 5. Auflage, S. 278.
- SERRANO, J.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; DAUER, A.; AURA, A.-M. und SAURA-CALIXTO, F. (2009):** Tannins: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition & Food Research* 53, S310-S329.
- SEYFARTH, W.; KNABE, O. und WEISE, G. (1989):** Eiweißabbau während der Silierung von Grünfütterstoffen. Übersichtsarbeit, *Archiv der Tierernährung*, 39:8-9, 685-691.
- SHANNAK, S., SÜDEKUM, K.-H., und SUSENBETH, A. (2000):** Estimating ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Animal Feed Science and Technology* 85 (2000), 195-214.
- SHAO, W.; ZHANG, H.; YANG, G.; LIU, J. und HUANG, H. (2015):** Analysis on Carbon Reduction Effect of Vegetation System in Northern China. The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE 2015, *Energy Procedia* 75, 2233-2239.
- SILANIKOVE, N.; PEREVOLOTSKY, A., und PROVENZA, F.D. (2001):** Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 91, 69-81.
- SINGH, B.; BHAT, T.K. und SHARMA, O.P (2001):** Biodegradation of tannic acid in an in vitro ruminal system. *Livestock Production Science* 68, 259-262.
- SINGLETON, V.L., und KRATZER, F.H. (1969):** Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 17 (3), 497-512.
- STAERFL, S.M.; SOLIVA, C.R.; LEIBNER, F., und KREUZER, M. (2011):** Fatty acid profil and oxidative stability of the perirenal fat of bulls fattened on grass silage and maize silage supplemented with tannins, garlic, maca and lupines. *Meat Science* 89, 98-104.
- STEINGASS, H. und MENKE, K.H. (1986):** Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. *Übersicht Tierernährung* 14, 251-270.
- SÜDEKUM, K. H. (2005):** Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der *in situ*-Methode zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. *Übersicht Tierernährung* 33, 71-86.
- SÜDEKUM, K. H. (2016):** Erarbeitete Vorschrift für den Ringversuch. Persönliche Mitteilung.
- SULTANA, M.; VERMA, P. K.; RAINA, R.; PRAWEZ, S. und DAR, M. A. (2012):** Quantitative analysis of total phenolic flavonoids and tannin contents in acetone and n-hexane extracts of *Ageratum conyzoides*. *International Journal of Chem Tech Research* 4, No. 3, 996-999.
- TABACCO, E.; BORREANI, G.; CROVETTO, G.M.; GALASSI, G.; COLOMBO, D., und CAVALLARIN, L. (2006):** Effect of chestnut tannin on fermentation quality, proteolysis and protein rumen degradability of alfalfa silage. *Journal of Dairy Science* 89, 4736-4746.
- TERRILL, T.H.; ROWAN, A. M.; DOUGLAS, G. B. und BARRY, T. N. (1992):** Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of Science Food and Agriculture* 58, 321-329.

- THEODORIDOU, K.; AUFRÈRE, J.; ANDUEZA, D.; POURRAT, J.; LE MORVAN, A.; STRINGANO, E.; MUELLER-HARVEY, I., und BAUMONT, R. (2010):** Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on *in vitro* and *in situ* digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology* 160, 23-28.
- TILLEY, J. M. A., und TERRY, R. A: (1963):** A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and forage Science* 18, Issue 2, 104-111.
- TORAL, P.G.; HERVÁS, G.; BICHL, E.; BELENGUER, Á., und FRUTOS, P. (2011):** Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: Effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. *Animal Feed Science and Technology* 164, 199-206.
- UMWELTBUNDESAMT (2011):** Daten zur Umwelt 2011. Ausgabe 2011, [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) (02.02.2017) S. 6, 27 und 76.
- VAN SOEST, P. J. (1994):** Nutritional ecology of the ruminant. Second Edition, Cornell University Press, Comstock Publishing Associates, 224-225.
- VASTA, V.; PENNISI, P.; LANZA, M.; BARBAGALLO, D.; BELLA, M. und PRIOLO, A. (2007):** Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation. *Meat Science* 76, 739-745.
- VASTA, V.; MELE, M.; SCERRA, A.; LUCIANO, G.; LANZA, M., und PRIOLO, A (2009a):** Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal hydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. *Journal of Animal Science* 87, 2674-2684.
- VASTA, V.; MAKKAR, H. P. S.; MELE, M. und PRIOLO, A. (2009b):** Ruminal biohydrogenation as affected by tannins *in vitro*. *British Journal of Nutrition* 102, 82-92.
- VDLUFA METHODENBUCH (2016):** Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. Band 3, 3. Auflage, 1976 Gesamtwerk inklusive Ergänzungslieferungen, VDLUFA.
- WAGHORN, G. (2008):** Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production – Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147, 116-139.
- WISCHER, G; BOGUHN, J.; STEINGAB, H., SCHOLLENBERGER, M., und RODEHUTSCORD, M. (2013):** Effect of different tannin-rich extracts and rapeseed tannin monomers on the methane formation and microbial protein synthesis *in vitro*. *Animal* 7, 11, 1796-1805.
- WOODWARD, S.L.; LABOYRIE, P.J., und JANSEN, E.B.L. (2000):** Lotus corniculatus and Condensed Tannins- Effects on Milk Production by Dairy Cows. *Asian-Aus. Journal Animal Science* 13 Supplement, A: 521-525.
- WYSS, U. (2005):** Beurteilung von Silagen. ALP aktuell 2005, Nr. 18, Hrsg. Agroscope Liebefeld-Posieux Eidg. Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft.

## 9.2 Verzeichnis der Verordnungen

**Durchführungsverordnung (EU) Nr. 451/2012** der KOMMISSION vom 29. Mai 2012 über die Marktrücknahme bestimmter in die Funktionsgruppe „Silierzusatzstoffe“ einzuordnender Futtermittelzusatzstoffe

**Verordnung (EG) Nr. 1831/2003** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung

**Verordnung (EG) Nr. 767/2009** DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission

## 9.3 Verzeichnis der in den Silierversuchen verwendeten Produkte

**Farmatan®** von Tanin Sevnica d.d. ([www.tanin.si](http://www.tanin.si))

**Quebracho-Extrakt** von Otto Dille®, Baeck GmbH & Co KG, Abt. Otto Dille, Langhamer Weg 223-225, 22844 Norderstedt ([www.otto-dille.de](http://www.otto-dille.de))

**Mimosa-Extrakt** von Otto Dille®, Baeck GmbH & Co KG, Abt. Otto Dille, Langhamer Weg 223-225, 22844 Norderstedt ([www.otto-dille.de](http://www.otto-dille.de))

**Bio-Sil®** von Dr. Pieper Technologie und Produktentwicklung GmbH, Dorfstraße 34, 16818 Wuthenow ([www.dr-pieper.com](http://www.dr-pieper.com))

**Bio-Sil® + Amasil® NA** von Dr. Pieper Technologie und Produktentwicklung GmbH, Dorfstraße 34, 16818 Wuthenow ([www.dr-pieper.com](http://www.dr-pieper.com))

## 10 Anhang

### 10.1 Anhang - Literaturübersicht

**Tabelle 64: MCSWEENEY et al. (1999) – Mengenanteile der Säure-Detergenzien-Faser (ADF), Neutral-Detergenzien-Faser (NDF), des Stickstoffs, und der kondensierten Tannine<sup>a</sup> ausgewählter tanninhaltiger Pflanzen**

	Luzerne	Calliandra <sup>67</sup>	L. leucocephala	L. diversifolia	L. pallida	Pooled sem
NDF (% TM)	41,4 <sup>a</sup>	37,6 <sup>b</sup>	27,8 <sup>c</sup>	29,4 <sup>d</sup>	34,3 <sup>c</sup>	1,1
ADF (% TM)	28,4 <sup>a</sup>	22,7 <sup>b</sup>	14,7 <sup>c</sup>	17,5 <sup>d</sup>	19,6 <sup>c</sup>	1,3
N (% TM)*	3,17	3,64	2,72	3,48	3,31	-
N (% NDF)*	1,12	3,68	2,86	3,21	2,16	-
<b>Kondensierte Tannine (% TM)</b>						
Freie	n.t.	4,78 <sup>b</sup>	3,32 <sup>c</sup>	6,57 <sup>a</sup>	4,00 <sup>c</sup>	0,46
Gesamt	n.t.	5,71 <sup>b</sup>	3,84 <sup>d</sup>	7,70 <sup>a</sup>	4,72 <sup>c</sup>	0,55

abcd: unterschiedliche Buchstaben in einer Reihe stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

\* statistisch nicht getestet aufgrund fehlender Replikation

n.t.: nicht getestet

**Tabelle 65: KARIUKI und NORTON (2008) – Die wahre Verdaulichkeit von jodiertem Bovinen Serum Albumin (<sup>125</sup>I-BSA) unterteilt in das Verhältnis zwischen dem Labmagen und dem Ilium sowie Ilium und dem Kot proportional zu dem Gehalt zwischen dem Pansen und dem Kot von Schafen.**

Tanninquelle	Wahre <sup>125</sup> I-BSA-Verdaulichkeit	Wahre <sup>125</sup> I-BSA-Verdaulichkeit unterteilt in ihr Verhältnis zwischen Pansen und dem Kot	
	Pansen bis zum Kot (Exp. 2)	Labmagen bis zum Ilium (Exp. 1)	Ilium bis zum Kot (Differenz)
<i>L. pallida</i>	0,819	0,881	0,119
<i>L. KX2</i>	0,880	0,881	0,119
<i>L. leucocephala</i>	0,913	0,964	0,036
CT-free	0,910	0,931	0,069
Durchschnitt	0,881	0,914	0,086

<sup>67</sup> Gattung: Puderquastenstrauch

## 10.2 Anhang – Material und Methoden

**Tabelle 66: Angaben des Importeurs zu den Ergebnissen der chemischen Analyse des tanninhaltigen Pflanzenextraktes Quebracho (Angaben von Otto Dille®, ANONYM 2011)**

Spezifikation	
<b>Botanischer Name</b>	Quebrachia lorentzii syn. / Schinopsis balansae
<b>Gerbstoffgehalt</b>	% 76 +/- 1,5
<b>Gerbstoffzuordnung</b>	Pyrokatechin Gerbstoff (Phlobaphenbildner)
<b>Unlösliche Stoffe</b>	% 0,3
<b>Feuchtigkeit</b>	% 8,0 max
<b>Nicht-Gerbstoffe</b>	% 3,6
<b>pH (6,9° Bé)</b>	4,5-5,0
<b>Asche</b>	% 4,0
<b>Farbe</b>	Rot 5,1%/ Gelb 5,9%
<b>Herkunft</b>	Argentinien, Paraguay, Brasilien, Bolivien

**Tabelle 67: Angaben des Importeurs zu den Ergebnissen der chemischen Analyse des tanninhaltigen Pflanzenextraktes Mimosa (Angaben von Otto Dille®, ANONYM 2011)**

Spezifikation	
<b>Botanischer Name</b>	Acacia negra, Acacia molissima
<b>Gerbstoffgehalt</b>	% 72,5 min
<b>Gerbstoffzuordnung</b>	Pyrokatechin Gerbstoff (Phlobaphenbildner)
<b>Unlösliche Stoffe</b>	% 1,0 max
<b>Feuchtigkeit</b>	%
<b>Nicht-Gerbstoffe</b>	% 27 max
<b>pH</b>	4,4 – 4,8
<b>Asche</b>	% 3,5 max
<b>Eisen</b>	ppm max 50
<b>Farbe</b>	Rot 4,1 % / Gelb 6,2 %
<b>Herkunft</b>	Australien, Brasilien, Süd- und Ostafrika

**Tabelle 68: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Kontrolle**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Differenz (Einwaage-Rückwaage)
3	K/24T/1	K/3T/1	1789	1777	12
	K/3T/2	K/3T/2	2043	2031	12
	K/96T/3	K/3T/3	1690	1734	-44
6	K/3T/1	K/6T/1	1983	1973	10
	K/12T/3	K/6T/2	1870	1858	12
	K/48T/2	K/6T/3	1710	1699	11
12	K/6T/2	K/12T/1	1921	1905	16
	K/6T/3	K/12T/2	1820	1809	11
	K/96T/1	K/12T/3	1675	1662	13
24	K/6T/1	K/24T/	1855	1838	17
	K/48T/1	K/24T/	1787	1774	13
	K/12T/1	K/24T/	1867	1855	12
	K/24T/2	K/48T/	1818	1806	12
	K/3T/3	K/48T/	2015	2001	14
	K/48T/3	K/48T/	1818	1805	13
	K/12T/2	K/96T/	1870	1858	12
	K/24T/3	K/96T/	1764	1679	85
	K/96T/2	K/96T/	1794	1782	12

**Tabelle 69: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Kombinationsprodukt**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Differenz (Einwaage-Rückwaage)
3	CS+BS/12T/1	CS+BS/3T/1	1836	1825	11
	CS+BS/96T/2	CS+BS/3T/2	1744	1736	8
	CS+BS/6T/1	CS+BS/3T/3	1924	1912	12
6	CS+BS/24T/1	CS+BS/6T/1	1770	1761	9
	CS+BS/3T/2	CS+BS/6T/2	1825	1817	8
	CS+BS/96T/3	CS+BS/6T/3	1598	1592	6
12	CS+BS/48T/1	CS+BS/12T/1	1757	1748	9
	CS+BS/24T/2	CS+BS/12T/2	1804	1795	9
	CS+BS/6T/3	CS+BS/12T/3	2030	2019	11
24	CS+BS/48T/3	CS+BS/24T/1	1744	1736	8
	CS+BS/12T/3	CS+BS/24T/2	1753	1743	10
	CS+BS/3T/3	CS+BS/24T/3	1856	1846	10
48	CS+BS/96T/1	CS+BS/48T/1	1583	1576	7
	CS+BS/12T/2	CS+BS/48T/2	1759	1750	9
	CS+BS/6T/2	CS+BS/48T/3	1913	1900	13
96	CS+BS/3T/1	CS+BS/96T/1	1880	1873	7
	CS+BS/48T/2	CS+BS/96T/2	1831	1823	8
	CS+BS/24T/3	CS+BS/96T/3	1769	1760	9

**Tabelle 70: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: biologischer Silierzusatzsoff**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Differenz (Einwaage-Rückwaage)
3	BS/12T/2	BS/3T/1	1769	1759	10
	BS/96T/2	BS/3T/2	1557	1549	8
	BS/3T/1	BS/3T/3	1758	1749	9
6	BS/48T/2	BS/6T/1	1665	1656	9
	BS/24T/3	BS/6T/2	1787	1776	11
	BS/3T/3	BS/6T/3	1866	1858	8
12	BS/6T/1	BS/12T/1	1915	1904	11
	BS/24T/1	BS/12T/2	1849	1837	12
	BS/96T/3	BS/12T/3	1581	1571	10
24	BS/6T/2	BS/24T/1	1951	1941	10
	BS/12T/3	BS/24T/2	1710	1697	13
	BS/48T/1	BS/24T/3	1715	1705	10
48	BS/6T/3	BS/48T/1	1907	1895	12
	BS/24T/2	BS/48T/2	1781	1769	12
	BS/96T/1	BS/48T/3	1578	1569	9
96	BS/12T/1	BS/96T/1	1870	1857	13
	BS/3T/2	BS/96T/2	1830	1821	9
	BS/48T/3	BS/96T/3	1734	1724	10

**Tabelle 71: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Differenz (Einwaage-Rückwaage)
3	Q/12T/1	Q/3T/1	1848	1838	10
	Q/3T/3	Q/3T/2	1956	1946	10
	Q/48T/2	Q/3T/3	1605	1596	9
6	Q/12T/2	Q/6T/1	1815	1802	13
	Q/3T/1	Q/6T/2	1930	1919	11
	Q/96T/2	Q/6T/3	1765	1757	8
12	Q/6T/1	Q/12T/1	1864	1852	12
	Q/24T/2	Q/12T/2	1766	1754	12
	Q/48T/3	Q/12T/3	1630	1620	10
24	Q/3T/2	Q/24T/1	1861	1850	11
	Q/24T/3	Q/24T/2	1768	1755	13
	Q/96T/1	Q/24T/3	1708	1698	10
48	Q/6T/2	Q/48T/1	1800	1789	11
	Q/48T/1	Q/48T/2	1555	1547	8
	Q/12T/3	Q/48T/3	1884	1871	13
96	Q/24T/1	Q/96T/1	1801	1791	10
	Q/96T/3	Q/96T/2	1615	1607	8
	Q/6T/3	Q/96T/3	1875	1863	12



**Tabelle 72: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho mit Kombinationsprodukt**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Different (Einwaage-Rückwaage)
3	Q+CS+BS/12T/1	Q+CS+BS/3T/1	1719	1708	11
	Q+CS+BS/3T/2	Q+CS+BS/3T/2	1972	1962	10
	Q+CS+BS/96T/2	Q+CS+BS/3T/3	1624	1617	7
6	Q+CS+BS/24T/1	Q+CS+BS/6T/1	1691	1682	9
	Q+CS+BS/48T/3	Q+CS+BS/6T/2	1608	1599	9
	Q+CS+BS/6T/3	Q+CS+BS/6T/3	1721	1712	9
12	Q+CS+BS/3T/1	Q+CS+BS/12T/1	2012	2012	0
	Q+CS+BS/6T/2	Q+CS+BS/12T/2	1788	1777	11
	Q+CS+BS/48T/1	Q+CS+BS/12T/3	1691	1682	9
24	Q+CS+BS/96T/3	Q+CS+BS/24T/1	1629	1618	11
	Q+CS+BS/24T/2	Q+CS+BS/24T/2	1674	1664	10
	Q+CS+BS/6T/1	Q+CS+BS/24T/3	1867	1854	13
48	Q+CS+BS/3T/3	Q+CS+BS/48T/1	1998	1989	9
	Q+CS+BS/12T/2	Q+CS+BS/48T/2	1769	1757	12
	Q+CS+BS/96T/1	Q+CS+BS/48T/3	1516	1505	11
96	Q+CS+BS/24T/3	Q+CS+BS/96T/1	1673	1665	8
	Q+CS+BS/12T/3	Q+CS+BS/96T/2	1701	1689	12
	Q+CS+BS/48T/2	Q+CS+BS/96T/3	1685	1674	11

**Tabelle 73: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Quebracho mit biologischem Silierzusatzstoff**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Different (Einwaage-Rückwaage)
3	Q+BS/48T/1	Q+BS/3T/1	1556	1547	9
	Q+BS/6T/2	Q+BS/3T/2	1768	1758	10
	Q+BS/12T/3	Q+BS/3T/3	1777	1766	11
6	Q+BS/3T/1	Q+BS/6T/1	1874	1866	8
	Q+BS/24T/3	Q+BS/6T/2	1663	1654	9
	Q+BS/96T/1	Q+BS/6T/3	1608	1600	8
12	Q+BS/12T/1	Q+BS/12T/1	1809	1797	12
	Q+BS/48T/2	Q+BS/12T/2	1638	1628	10
	Q+BS/96T/3	Q+BS/12T/3	1693	1681	12
24	Q+BS/6T/1	Q+BS/24T/1	1832	1820	12
	Q+BS/24T/2	Q+BS/24T/2	1767	1756	11
	Q+BS/3T/2	Q+BS/24T/3	1835	1825	10
48	Q+BS/3T/3	Q+BS/48T/1	1818	1808	10
	Q+BS/12T/2	Q+BS/48T/2	1733	1722	11
	Q+BS/48T/3	Q+BS/48T/3	1596	1586	10
96	Q+BS/96T/2	Q+BS/96T/1	1695	1683	12
	Q+BS/24T/1	Q+BS/96T/2	1706	1697	9
	Q+BS/6T/3	Q+BS/96T/3	1832	1812	20

**Tabelle 74: Quantitative Bestimmung der Massendifferenz während des Silierprozesses: Wägungen des Siliergutes (Ein- und Rückwaage) - Variante: Mimosa**

Tag	Sortierung alt	Sortierung neu	Einwaage (in g)	Rückwaage (in g)	Different (Einwaage- Rückwaage)
<b>3</b>	M/6T/2	M/3T/1	1765	1754	11
	M/24T/3	M/3T/2	1578	1567	11
	M/96T/1	M/3T/3	1792	1782	10
<b>6</b>	M/48T/1	M/6T/1	1575	1564	11
	M/3T/3	M/6T/2	2031	2019	12
	M/12T/2	M/6T/3	1885	1873	12
<b>12</b>	M/3T/2	M/12T/1	1924	1914	10
	M/6T/3	M/12T/2	1804	1792	12
	M/48T/2	M/12T/3	1693	1682	11
<b>24</b>	M/24T/1	M/24T/1	1550	1539	11
	M/12T/3	M/24T/2	1630	1619	11
	M/96T/2	M/24T/3	1676	1666	10
<b>48</b>	M/6T/1	M/48T/1	1815	1802	13
	M/24T/2	M/48T/2	1576	1564	12
	M/48T/3	M/48T/3	1612	1601	11
<b>96</b>	M/3T/1	M/96T/1	1986	1972	14
	M/12T/1	M/96T/2	1789	1776	13
	M/96T/3	M/96T/3	1748	1738	10

### 10.3 Anhang – Ergebnisse

#### 10.3.1 Anhang – Ergebnisse den Silierversuchen mit Weidelgras (Jahr 2011)

**Tabelle 75: pH-Wert, Ammoniakstickstoffgehalt (NH<sub>3</sub>-N) sowie Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate über alle Öffnungstermine von der ersten Stunde bis zum 96 Siliertag – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen**

Bezeichnung der Proben	Tanninhaltiges Pflanzenextrakt	Silierzusatzstoff	Stunde	Tag	Wiederholung	pH-Wert	NH <sub>3</sub> -N [%]	Summe wasserlös. KH [g/kg TM]
Q+CS+BS/1/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		1	5,6	2,1	232,1
Q+CS+BS/1/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		2	5,6	2,4	232,7
Q+BS/3/2	Quebracho	biologischer	3		2	5,7	2,4	226,9
Q+CS+BS/1/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		2	5,6	1,9	240,6
Q+CS+BS/3/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		2	5,7	2,1	233,2
Q+CS+BS/3/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		1	5,7	2,3	236,0
Q+CS+BS/3/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		2	5,6	2,3	235,9
Q+BS/1/1	Quebracho	biologischer	1		1	5,7	3,1	238,3
Q+BS/1/2	Quebracho	biologischer	1		2	5,7	2,6	235,1
Q+BS/1/3	Quebracho	biologischer	1		3	5,7	2,2	237,2
BS/1/1	ohne	biologischer	1		1	5,8	3,2	228,0
BS/1/2	ohne	biologischer	1		2	5,8	3,8	226,8
BS/1/3	ohne	biologischer	1		3	5,8	3,8	227,6
BS/6/1	ohne	biologischer	6		1	5,7	3,4	225,1
BS/6/2	ohne	biologischer	6		2	5,8	3,9	219,7
Q/3/1	Quebracho	ohne	3		1	5,6	3,1	229,4
Q/3/2	Quebracho	ohne	3		2	5,6	2,0	236,2
Q/3/3	Quebracho	ohne	3		3	5,6	2,5	228,5
CS+BS/1/3	ohne	Kombinationsprodukt	1		3	5,7	3,7	222,9
BS/6/3	ohne	biologischer	6		3	5,7	4,4	217,6
Q+CS+BS/6/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	6		1	5,6	2,5	228,7
Q+CS+BS/6/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	6		2	5,6	2,4	229,4
Q+CS+BS/6/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	6		3	5,6	2,5	231,5
CS+BS/1/1	ohne	Kombinationsprodukt	1		1	5,8	3,3	236,9
CS+BS/1/2	ohne	Kombinationsprodukt	1		2	5,7	3,7	229,6
CS+BS/3/3	ohne	Kombinationsprodukt	3		3	5,6	1,2	229,1

<b>CS+BS/3/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	2	5,6	2,6	228,1
<b>BS/3/1</b>	ohne	biologischer	3	1	5,7	3,8	232,6
<b>BS/3/2</b>	ohne	biologischer	3	2	5,6	2,3	232,6
<b>BS/3/3</b>	ohne	biologischer	3	3	5,7	3,6	237,7
<b>Q+BS/3/1</b>	Quebracho	biologischer	3	1	5,6	3,0	242,0
<b>CS+BS/6/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	5,7	4,0	233,5
<b>CS+BS/6/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	5,7	4,1	228,4
<b>CS+BS/6/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	5,7	4,2	237,0
<b>CS+BS/3/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	5,7	3,5	237,3
<b>Q/1/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	5,7	2,8	253,9
<b>Q/1/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	5,6	2,5	241,5
<b>Q/1/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	5,7	2,8	253,3
<b>Q+BS/3/3</b>	Quebracho	biologischer	3	3	5,6	2,8	245,1
<b>Q+BS/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	5,6	3,3	243,1
<b>Q/6/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	5,7	3,1	252,9
<b>Q/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	5,6	3,0	248,1
<b>Q/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	5,6	3,1	250,8
<b>Q+BS/6/1</b>	Quebracho	biologischer	6	1	5,6	3,7	246,4
<b>Q+BS/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	5,6	3,1	244,3
<b>M/1/1</b>	Mimosa	ohne	1	1	5,6	2,5	237,4
<b>M/1/2</b>	Mimosa	ohne	1	2	5,7	2,6	230,1
<b>M/1/3</b>	Mimosa	ohne	1	3	5,7	2,5	239,8
<b>M/6/1</b>	Mimosa	ohne	6	1	5,6	2,6	233,3
<b>M/6/3</b>	Mimosa	ohne	6	3	5,6	3,1	229,7
<b>M/3/1</b>	Mimosa	ohne	3	1	5,6	3,4	230,0
<b>M/3/2</b>	Mimosa	ohne	3	2	5,6	3,0	224,4
<b>M/3/3</b>	Mimosa	ohne	3	3	5,6	3,0	233,7
<b>M/6/2</b>	Mimosa	ohne	6	2	5,6	3,2	226,4
<b>K/3/3</b>	ohne	ohne	3	3	5,7	3,9	220,6
<b>K/1/1</b>	ohne	ohne	1	1	5,7	4,3	216,7
<b>K/1/2</b>	ohne	ohne	1	2	5,7	4,4	219,7
<b>K/1/3</b>	ohne	ohne	1	3	5,7	4,2	227,8
<b>K/3/1</b>	ohne	ohne	1	1	5,7	4,5	225,7
<b>K/3/2</b>	ohne	ohne	3	2	5,7	4,5	213,6
<b>K/6/1</b>	ohne	ohne	6	1	5,7	4,1	222,0
<b>K/6/2</b>	ohne	ohne	6	2	5,7	4,4	229,3
<b>K/6/3</b>	ohne	ohne	6	3	5,7	4,6	218,4
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	4,0	4,9	59,7
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	4,0	5,7	54,2

<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	3,9	4,6	61,8
<b>Q+CS+BS/24T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	1	4,2	4,7	77,5
<b>Q+CS+BS/24T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	2	4,0	4,5	74,5
<b>Q+CS+BS/96T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	4,0	4,7	68,4
<b>Q+CS+BS/96T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	4,0	5,6	80,8
<b>Q/24T/1</b>	Quebracho	ohne	24	1	4,2	6,2	75,2
<b>Q/24T/2</b>	Quebracho	ohne	24	2	4,1	6,7	67,4
<b>BS/24T/1</b>	ohne	biologischer	24	1	3,8	6,0	61,2
<b>BS/24T/2</b>	ohne	biologischer	24	2	3,8	6,1	56,1
<b>BS/24T/3</b>	ohne	biologischer	24	3	3,9	6,4	58,3
<b>Q/24T/3</b>	Quebracho	ohne	24	3	4,0	6,4	61,0
<b>BS/96T/3</b>	ohne	biologischer	96	3	3,9	7,6	52,1
<b>CS+BS/24T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	1	4,0	6,1	65,8
<b>CS+BS/24T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	2	4,0	5,3	69,4
<b>CS+BS/24T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	3	3,9	6,0	67,5
<b>CS+BS/96T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	1	3,9	6,5	63,5
<b>CS+BS/96T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	2	4,0	6,6	51,0
<b>CS+BS/96T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	3	4,0	6,4	56,0
<b>K/96T/1</b>	ohne	ohne	96	1	4,1	8,3	46,4
<b>K/96T/2</b>	ohne	ohne	96	2	4,1	7,9	49,2
<b>K/24T/1</b>	ohne	ohne	24	1	4,3	7,9	50,7
<b>K/24T/2</b>	ohne	ohne	24	2	4,1	8,0	50,9
<b>K/24T/3</b>	ohne	ohne	24	3	4,2	8,3	53,0
<b>M/96T/1</b>	Mimosa	ohne	96	1	4,1	7,1	71,0
<b>Q/96T/1</b>	Quebracho	ohne	96	1	4,0	6,5	60,6
<b>BS/96T/1</b>	ohne	biologischer	96	1	3,9	6,2	52,7
<b>M/96T/2</b>	Mimosa	ohne	96	2	4,1	7,1	64,4
<b>M/96T/3</b>	Mimosa	ohne	96	3	4,0	6,5	60,4
<b>Q+BS/96T/1</b>	Quebracho	biologischer	96	1	3,9	6,0	53,3
<b>Q+BS/96T/2</b>	Quebracho	biologischer	96	2	3,9	6,2	53,7
<b>Q/96T/2</b>	Quebracho	ohne	96	2	4,0	6,9	54,1
<b>Q/96T/3</b>	Quebracho	ohne	96	3	4,2	8,2	55,8
<b>BS/96T/2</b>	ohne	biologischer	96	2	3,8	6,4	50,3
<b>K/96T/3</b>	ohne	ohne	96	3	4,1	8,7	56,6
<b>Q+CS+BS/96T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	4,0	5,9	78,6
<b>Q+BS/96T/3</b>	Quebracho	biologischer	96	3	3,9	6,0	56,3
<b>M/24T/2</b>	Mimosa	ohne	24	2	4,2	7,0	71,3
<b>M/24T/3</b>	Mimosa	ohne	24	3	4,1	6,5	69,2
<b>Q/3T/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	4,7	6,6	105,3

<b>Q/3T/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	4,6	6,0	93,6
<b>Q/3T/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	4,6	6,7	95,1
<b>M/24T/1</b>	Mimosa	ohne	24	1	4,3	6,5	77,3
<b>Q+CS+BS/24T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	3	4,0	4,8	81,6
<b>K/12T/1</b>	ohne	ohne	12	1	4,4	8,2	72,5
<b>K/12T/2</b>	ohne	ohne	12	2	4,4	8,2	69,7
<b>K/12T/3</b>	ohne	ohne	12	3	4,3	7,2	67,7
<b>BS/3T/1</b>	ohne	biologischer	3	1	4,1	4,9	61,0
<b>BS/3T/2</b>	ohne	biologischer	3	2	4,2	6,5	66,8
<b>Q+BS/3T/2</b>	Quebracho	biologischer	3	2	4,2	5,4	76,3
<b>Q+BS/3T/3</b>	Quebracho	biologischer	3	3	4,2	5,4	74,9
<b>M/3T/1</b>	Mimosa	ohne	3	1	4,7	6,9	102,4
<b>M/3T/2</b>	Mimosa	ohne	3	2	4,6	6,4	112,7
<b>M/3T/3</b>	Mimosa	ohne	3	3	4,4	5,9	100,1
<b>K/3T/1</b>	ohne	ohne	3	1	4,6	8,0	92,2
<b>K/3T/2</b>	ohne	ohne	3	2	4,6	7,5	89,8
<b>K/3T/3</b>	ohne	ohne	3	3	4,6	7,1	97,3
<b>Q+BS/3T/1</b>	Quebracho	biologischer	3	1	4,3	5,6	84,3
<b>BS/1T/3</b>	ohne	biologischer	1	3	5,1	6,8	159,6
<b>BS/1T/1</b>	ohne	biologischer	1	1	5,1	4,5	174,6
<b>BS/1T/2</b>	ohne	biologischer	1	2	5,0	5,0	163,8
<b>CS+BS/12T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	4,1	3,9	84,0
<b>CS+BS/12T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	4,3	4,9	95,3
<b>M/12T/1</b>	Mimosa	ohne	12	1	4,4	7,1	101,6
<b>M/12T/2</b>	Mimosa	ohne	12	2	4,5	7,4	95,6
<b>M/12T/3</b>	Mimosa	ohne	12	3	4,4	6,3	98,8
<b>CS+BS/3T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	4,2	6,6	85,5
<b>BS/3T/3</b>	ohne	biologischer	3	3	4,0	5,7	75,0
<b>BS/12T/1</b>	ohne	biologischer	12	1	4,0	6,1	62,5
<b>BS/12T/2</b>	ohne	biologischer	12	2	4,0	6,0	63,1
<b>BS/12T/3</b>	ohne	biologischer	12	3	4,0	6,7	64,8
<b>CS+BS/3T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	2	4,3	7,0	77,3
<b>CS+BS/3T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	3	4,7	7,1	121,0
<b>Q+BS/48T/1</b>	Quebracho	biologischer	48	1	3,9	5,2	69,6
<b>Q+BS/48T/2</b>	Quebracho	biologischer	48	2	3,9	5,6	63,0
<b>Q+BS/48T/3</b>	Quebracho	biologischer	48	3	3,9	5,6	63,5
<b>Q/1T/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	5,3	5,0	193,4
<b>Q/12T/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	4,3	6,1	84,1
<b>Q+CS+BS/3T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	4,5	4,7	125,7

<b>Q+CS+BS/3T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	4,2	5,1	110,8
<b>Q+CS+BS/3T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	3	4,6	5,2	127,6
<b>Q/12T/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	4,5	7,1	85,1
<b>Q/12T/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	4,4	6,4	85,4
<b>Q+BS/1T/1</b>	Quebracho	biologischer	1	1	5,2	5,4	179,1
<b>Q+BS/1T/2</b>	Quebracho	biologischer	1	2	5,2	5,2	118,2
<b>Q+BS/1T/3</b>	Quebracho	biologischer	1	3	5,2	5,3	175,2
<b>Q/1T/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	5,2	5,1	231,6
<b>Q/1T/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	5,2	4,5	190,6
<b>CS+BS/1T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	1	5,3	5,2	188,9
<b>CS+BS/1T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	2	5,3	5,2	183,4
<b>CS+BS/1T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	3	5,3	5,3	183,8
<b>Q+CS+BS/12T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	4,0	4,2	94,7
<b>Q/48T/1</b>	Quebracho	ohne	48	1	4,2	6,9	61,3
<b>Q/48T/2</b>	Quebracho	ohne	48	2	4,1	5,9	62,6
<b>Q/48T/3</b>	Quebracho	ohne	48	3	4,2	7,0	66,0
<b>Q+CS+BS/12T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	4,0	4,8	79,0
<b>Q+CS+BS/12T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	4,1	4,5	85,3
<b>BS/48T/1</b>	ohne	biologischer	48	1	3,9	6,4	54,4
<b>BS/48T/2</b>	ohne	biologischer	48	2	3,9	6,2	54,1
<b>M/48T/1</b>	Mimosa	ohne	48	1	4,2	6,7	80,2
<b>M/48T/2</b>	Mimosa	ohne	48	2	4,2	6,8	69,6
<b>M/48T/3</b>	Mimosa	ohne	48	3	4,1	6,8	61,6
<b>K/1T/1</b>	ohne	ohne	1	1	5,2	7,1	158,4
<b>K/1T/2</b>	ohne	ohne	1	2	5,2	6,8	162,8
<b>K/1T/3</b>	ohne	ohne	1	3	5,1	7,0	153,4
<b>BS/48T/3</b>	ohne	biologischer	48	3	4,0	6,8	54,1
<b>Q+CS+BS/48T/3</b>	Q	Kombinationsprodukt	48	3	4,1	6,2	71,6
<b>M/1T/1</b>	Mimosa	ohne	1	1	5,3	5,3	183,5
<b>M/1T/2</b>	Mimosa	ohne	1	2	5,3	5,0	187,3
<b>M/1T/3</b>	Mimosa	ohne	1	3	5,3	5,1	181,0
<b>Q+CS+BS/48T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	1	4,0	4,8	86,4
<b>Q+CS+BS/48T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	2	4,0	5,5	64,9
<b>M/6T/1</b>	Mimosa	ohne	6	1	4,5	7,2	90,4
<b>M/6T/2</b>	Mimosa	ohne	6	2	4,6	6,6	96,9
<b>M/6T/3</b>	Mimosa	ohne	6	3	4,5	6,5	89,6
<b>Q/6T/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	4,6	6,9	94,8
<b>Q/6T/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	4,6	6,6	91,7
<b>K/48T/1</b>	ohne	ohne	48	1	4,1	8,3	57,1

<b>K/48T/2</b>	ohne	ohne	48	2	4,1	8,8	56,2
<b>K/48T/3</b>	ohne	ohne	48	3	4,1	8,4	60,3
<b>CS+BS/48T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	1	4,1	7,0	71,5
<b>Q/6T/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	4,4	5,9	82,9
<b>Q+CS+BS/6T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	1	4,2	5,3	89,4
<b>Q+CS+BS/6T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	4,4	4,8	103,3
<b>Q+CS+BS/6T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	4,2	5,1	96,3
<b>CS+BS/48T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	2	4,1	6,8	74,7
<b>CS+BS/48T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	3	4,3	7,4	93,4
<b>BS/6T/1</b>	ohne	biologischer	6	1	4,2	6,7	76,5
<b>BS/6T/2</b>	ohne	biologischer	6	2	4,0	5,9	71,4
<b>BS/6T/3</b>	ohne	biologischer	6	3	4,0	5,9	73,4
<b>Q+BS/6T/2</b>	Quebracho	biologischer	6	2	4,1	5,3	82,4
<b>Q+BS/6T/3</b>	Quebracho	biologischer	6	3	4,2	5,6	81,5
<b>Q+BS/6T/1</b>	Quebracho	biologischer	6	1	4,0	5,0	95,3
<b>CS+BS/6T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	4,2	5,8	111,4
<b>CS+BS/6T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	4,1	5,3	109,1
<b>CS+BS/6T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	4,3	5,8	108,1
<b>K/6T/1</b>	ohne	ohne	6	1	4,6	7,8	105,7
<b>K/6T/2</b>	ohne	ohne	6	2	4,5	7,7	103,2
<b>K/6T/3</b>	ohne	ohne	6	3	4,4	7,6	98,5
<b>CS+BS/12T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	4,1	5,8	95,6
<b>M/12/1</b>	Mimosa	ohne	12	1	5,6	2,4	220,4
<b>M/12/3</b>	Mimosa	ohne	12	3	5,7	3,3	216,8
<b>Q/12/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	5,6	3,6	210,3
<b>Q/12/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	5,7	2,5	219,3
<b>Q/12/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	5,7	2,6	215,8
<b>M/12/2</b>	Mimosa	ohne	12	2	5,6	2,8	225,0
<b>BS/12/1</b>	ohne	biologischer	12	1	5,6	4,3	205,7
<b>Q+BS/12/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	5,6	2,4	230,2
<b>Q+BS/12/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	5,5	2,8	219,6
<b>Q+BS/12/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	5,5	2,9	221,0
<b>BS/12/2</b>	ohne	biologischer	12	2	5,6	3,5	222,7
<b>BS/12/3</b>	ohne	biologischer	12	3	5,6	3,4	223,9
<b>CS+BS/12/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	5,6	2,8	236,7
<b>CS+BS/12/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	5,5	3,2	223,3
<b>CS+BS/12/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	5,6	2,7	231,5
<b>Q+CS+BS/96T/1, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	4,1	3,1	
<b>Q+CS+BS/96T/2, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	4,1	3,2	



<b>Q+CS+BS/96T/3, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	4,2	3,4	
<b>BS/96T/1, 60°</b>	ohne	biologischer	96	1	4,1	5,0	
<b>BS/96T/2, 60°</b>	ohne	biologischer	96	2	3,9	4,9	
<b>BS/96T/3, 60°</b>	ohne	biologischer	96	3	4,1	4,6	
<b>M/96T/1, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	1	4,3	5,5	
<b>M/96T/2, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	2	4,3	5,8	
<b>M/96T/3, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	3	4,2	5,2	
<b>K/12/1</b>	ohne	ohne	12	1	5,7	4,4	219,8
<b>K/12/2</b>	ohne	ohne	12	2	5,7	3,7	221,8
<b>K/12/3</b>	ohne	ohne	12	3	5,7	3,7	224,2
<b>Q+CS+BS/12/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	5,7	1,0	254,7
<b>Q+CS+BS/12/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	5,6	1,0	248,5
<b>Q+CS+BS/12/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	5,6	0,5	247,3
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	4,0	3,8	88,3
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	4,0	3,8	88,6
<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	3,9	4,1	88,2

**Tabelle 76: Ergebnisse der Analyse ausgewählter Gärssäuren in den Grassilagen aller Siliervarianten und Wiederholungen ab dem 1. Öffnungstag**

Proben- Bezeichnung	Tag	Tanninhaltiges Pflanzenextrakt	Silierzusatzstoff	TM [g/kg]	Milch- säure [%/ kg TM]	Essig- säure [%/kg TM]	Propion- säure [%/kg TM]	Iso- Butter- säure [%/kg TM]	n- Butter- säure [%/kg TM]	Iso- Valerian- säure [%/kg TM]	n- Valeria- n-säure [%/kg TM]
M/1T/1	1	Mimosa	ohne	254	4,82	1,40	0	0	0	0	0
M/1T/2	1	Mimosa	ohne	252	4,43	1,31	0	0	0	0	0
M/1T/3	1	Mimosa	ohne	255	4,81	1,43	0	0	0	0	0
Q+BS/1T/1	1	Quebracho	biologischer	235	6,06	1,61	0	0	0	0	0
Q+BS/1T/2	1	Quebracho	biologischer	235	6,90	1,56	0	0	0	0	0
Q+BS/1T/3	1	Quebracho	biologischer	234	8,26	1,70	0	0	0	0	0
Q/1T/2	1	Quebracho	ohne	254	5,18	1,49	0	0	0	0	0
Q/1T/1	1	Quebracho	ohne	256	7,09	1,90	0	0	0	0	0
Q/1T/3	1	Quebracho	ohne	254	6,41	1,73	0	0	0	0	0
BS/1T/3	1	ohne	biologischer	238	4,54	1,76	0,03	0	0	0	0
BS/1T/1	1	ohne	biologischer	231	3,99	1,21	0,06	0	0	0	0
BS/1T/2	1	ohne	biologischer	230	4,59	1,41	0,02	0	0	0	0
CS+BS/1T/1	1	ohne	Kombinationsprodukt	237	5,25	0,78	0	0	0	0	0
CS+BS/1T/2	1	ohne	Kombinationsprodukt	237	4,93	0,87	0	0	0	0	0
CS+BS/1T/3	1	ohne	Kombinationsprodukt	239	4,31	0,86	0	0	0	0	0
K/1T/1	1	ohne	ohne	230	4,63	1,44	0,07	0	0	0	0
K/1T/2	1	ohne	ohne	231	5,04	1,49	0,06	0	0	0	0
K/1T/3	1	ohne	ohne	228	4,72	1,50	0	0	0	0	0
M/3T/1	3	Mimosa	ohne	243	6,02	2,38	0	0	0	0	0
M/3T/2	3	Mimosa	ohne	254	6,22	2,29	0	0	0	0	0
M/3T/3	3	Mimosa	ohne	238	6,55	2,37	0	0	0	0	0
Q+BS/3T/2	3	Quebracho	biologischer	233	8,59	2,04	0	0	0	0	0
Q+BS/3T/3	3	Quebracho	biologischer	247	8,18	2,15	0	0	0	0	0
Q+BS/3T/1	3	Quebracho	biologischer	243	7,66	2,27	0	0	0	0	0
Q+CS+BS/3T/1	3	Quebracho	Kombinationsprodukt	244	7,06	1,12	0	0	0	0	0
Q+CS+BS/3T/2	3	Quebracho	Kombinationsprodukt	232	9,48	1,42	0	0	0	0	0
Q+CS+BS/3T/3	3	Quebracho	Kombinationsprodukt	251	5,85	1,40	0	0	0	0	0
Q/3T/1	3	Quebracho	ohne	245	5,70	1,54	0	0	0	0	0
Q/3T/2	3	Quebracho	ohne	234	6,73	2,10	0	0	0	0	0
Q/3T/3	3	Quebracho	ohne	243	5,88	1,66	0	0	0	0	0
BS/3T/1	3	ohne	biologischer	232	8,38	1,96	0	0	0	0	0

<b>BS/3T/2</b>	3	ohne	biologischer	237	7,75	2,02	0	0	0	0	0
<b>BS/3T/3</b>	3	ohne	biologischer	226	10,02	1,83	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/3T/1</b>	3	ohne	Kombinationsprodukt	230	9,19	1,78	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/3T/2</b>	3	ohne	Kombinationsprodukt	233	5,66	1,30	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/3T/3</b>	3	ohne	Kombinationsprodukt	234	6,93	1,79	0	0	0	0	0
<b>K/3T/1</b>	3	ohne	ohne	236	6,11	2,53	0	0	0	0	0
<b>K/3T/2</b>	3	ohne	ohne	239	6,47	2,41	0	0	0	0	0
<b>K/3T/3</b>	3	ohne	ohne	241	6,41	2,27	0	0	0	0	0
<b>M/6T/1</b>	6	Mimosa	ohne	248	6,64	2,39	0	0	0	0	0
<b>M/6T/2</b>	6	Mimosa	ohne	236	6,40	2,30	0	0	0	0	0
<b>M/6T/3</b>	6	Mimosa	ohne	237	6,83	2,46	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/6T/2</b>	6	Quebracho	biologischer	240	8,26	2,19	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/6T/3</b>	6	Quebracho	biologischer	241	8,20	2,34	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/6T/1</b>	6	Quebracho	biologischer	229	10,18	2,12	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/6T/1</b>	6	Quebracho	Kombinationsprodukt	240	8,70	1,65	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/6T/2</b>	6	Quebracho	Kombinationsprodukt	262	8,56	1,64	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/6T/3</b>	6	Quebracho	Kombinationsprodukt	239	10,00	1,65	0	0	0	0	0
<b>Q/6T/1</b>	6	Quebracho	ohne	242	6,00	2,27	0	0	0	0	0
<b>Q/6T/2</b>	6	Quebracho	ohne	233	6,46	2,35	0	0	0	0	0
<b>Q/6T/3</b>	6	Quebracho	ohne	236	7,39	2,55	0	0	0	0	0
<b>BS/6T/1</b>	6	ohne	biologischer	238	8,54	2,10	0	0	0	0	0
<b>BS/6T/2</b>	6	ohne	biologischer	235	9,30	2,45	0	0	0	0	0
<b>BS/6T/3</b>	6	ohne	biologischer	230	9,14	2,11	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/6T/1</b>	6	ohne	Kombinationsprodukt	234	9,96	1,84	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/6T/2</b>	6	ohne	Kombinationsprodukt	232	10,43	1,53	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/6T/3</b>	6	ohne	Kombinationsprodukt	240	5,29	1,24	0	0	0	0	0
<b>K/6T/1</b>	6	ohne	ohne	253	6,08	0,49	0	0	0	0	0
<b>K/6T/2</b>	6	ohne	ohne	233	6,19	1,88	0	0	0	0	0
<b>K/6T/3</b>	6	ohne	ohne	230	6,19	2,47	0	0	0	0	0
<b>M/12T/1</b>	12	Mimosa	ohne	234	7,28	2,25	0	0	0	0	0
<b>M/12T/2</b>	12	Mimosa	ohne	251	6,74	2,32	0	0	0	0	0
<b>M/12T/3</b>	12	Mimosa	ohne	251	7,49	2,29	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12T/1</b>	12	Quebracho	biologischer	253	8,94	1,73	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12T/2</b>	12	Quebracho	biologischer	245	8,78	1,84	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12T/3</b>	12	Quebracho	biologischer	245	9,09	1,96	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/12T/1</b>	12	Quebracho	Kombinationsprodukt	233	10,38	1,03	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/12T/2</b>	12	Quebracho	Kombinationsprodukt	240	10,80	1,86	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/12T/3</b>	12	Quebracho	Kombinationsprodukt	262	8,69	1,60	0	0	0	0	0
<b>Q/12T/3</b>	12	Quebracho	ohne	244	6,93	2,35	0	0	0	0	0

<b>Q/12T/1</b>	12	Quebracho	ohne	236	7,33	2,34	0	0	0	0	0
<b>Q/12T/2</b>	12	Quebracho	ohne	242	7,97	2,37	0	0	0	0	0
<b>BS/12T/1</b>	12	ohne	biologischer	226	9,64	1,81	0	0	0	0	0
<b>BS/12T/2</b>	12	ohne	biologischer	239	9,08	1,87	0	0	0	0	0
<b>BS/12T/3</b>	12	ohne	biologischer	238	8,76	1,94	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12T/1</b>	12	ohne	Kombinationsprodukt	231	9,65	1,85	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12T/2</b>	12	ohne	Kombinationsprodukt	224	8,75	1,84	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12T/3</b>	12	ohne	Kombinationsprodukt	237	9,81	1,50	0	0	0	0	0
<b>K/12T/1</b>	12	ohne	ohne	228	7,10	2,05	0	0	0	0	0
<b>K/12T/2</b>	12	ohne	ohne	226	7,13	2,06	0	0	0	0	0
<b>K/12T/3</b>	12	ohne	ohne	241	7,78	1,89	0	0	0	0	0
<b>M/24T/2</b>	24	Mimosa	ohne	247	7,91	2,21	0	0	0	0	0
<b>M/24T/3</b>	24	Mimosa	ohne	241	7,79	2,31	0	0	0	0	0
<b>M/24T/1</b>	24	Mimosa	ohne	256	7,44	2,00	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/24T/1</b>	24	Quebracho	Kombinationsprodukt	241	9,27	2,21	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/24T/2</b>	24	Quebracho	Kombinationsprodukt	238	9,82	2,18	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/24T/3</b>	24	Quebracho	Kombinationsprodukt	238	9,12	1,46	0	0	0	0	0
<b>Q/24T/1</b>	24	Quebracho	ohne	233	8,22	2,41	0	0	0	0	0
<b>Q/24T/2</b>	24	Quebracho	ohne	241	7,94	2,19	0	0	0	0	0
<b>Q/24T/3</b>	24	Quebracho	ohne	235	7,76	2,12	0,08	0	0	0	0
<b>BS/24T/1</b>	24	ohne	biologischer	232	10,88	2,08	0	0	0	0	0
<b>BS/24T/2</b>	24	ohne	biologischer	239	9,77	2,00	0	0	0	0	0
<b>BS/24T/3</b>	24	ohne	biologischer	241	10,01	2,21	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/24 T/1</b>	24	ohne	Kombinationsprodukt	233	8,87	1,63	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/24 T/2</b>	24	ohne	Kombinationsprodukt	219	8,64	1,38	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/24 T/3</b>	24	ohne	Kombinationsprodukt	229	9,66	1,34	0	0	0	0	0
<b>K/24T/1</b>	24	ohne	ohne	224	8,22	2,27	0	0	0	0	0
<b>K/24T/2</b>	24	ohne	ohne	278	7,24	2,04	0	0	0	0	0
<b>K/24T/3</b>	24	ohne	ohne	230	8,52	1,04	0	0	0	0	0
<b>M/48T/1</b>	48	Mimosa	ohne	247	8,41	2,48	0	0	0	0	0
<b>M/48T/2</b>	48	Mimosa	ohne	254	8,38	2,43	0	0	0	0	0
<b>M/48T/3</b>	48	Mimosa	ohne	252	9,17	2,75	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/48T/1</b>	48	Quebracho	biologischer	229	9,34	2,07	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/48T/2</b>	48	Quebracho	biologischer	246	9,09	2,20	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/48T/3</b>	48	Quebracho	biologischer	245	8,54	2,17	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/48T/3</b>	48	Quebracho	Kombinationsprodukt	247	9,08	2,11	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/48T/1</b>	48	Quebracho	Kombinationsprodukt	285	8,83	1,17	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/48T/2</b>	48	Quebracho	Kombinationsprodukt	239	10,47	2,04	0	0	0	0	0
<b>Q/48T/1</b>	48	Quebracho	ohne	325	6,03	1,72	0	0	0	0	0

<b>Q/48T/2</b>	48	Quebracho	ohne	246	8,43	2,39	0	0	0	0	0
<b>Q/48T/3</b>	48	Quebracho	ohne	243	7,86	2,34	0	0	0	0	0
<b>BS/48T/1</b>	48	ohne	biologischer	230	10,36	2,05	0	0	0	0	0
<b>BS/48T/2</b>	48	ohne	biologischer	237	10,49	2,21	0	0	0	0	0
<b>BS/48T/3</b>	48	ohne	biologischer	240	9,95	2,20	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/48T/1</b>	48	ohne	Kombinationsprodukt	235	9,91	2,02	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/48T/2</b>	48	ohne	Kombinationsprodukt	233	9,78	1,68	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/48T/3</b>	48	ohne	Kombinationsprodukt	232	8,96	1,73	0	0	0	0	0
<b>K/48T/1</b>	48	ohne	ohne	238	9,17	2,57	0	0	0	0	0
<b>K/48T/2</b>	48	ohne	ohne	222	9,40	2,68	0	0	0	0	0
<b>K/48T/3</b>	48	ohne	ohne	224	9,79	2,58	0	0	0	0	0
<b>M/96T/1</b>	96	Mimosa	ohne	234	8,58	2,43	0	0	0	0	0
<b>M/96T/2</b>	96	Mimosa	ohne	242	8,46	2,50	0	0	0	0	0
<b>M/96T/3</b>	96	Mimosa	ohne	235	8,89	2,77	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/96T/1</b>	96	Quebracho	biologischer	249	10,36	2,35	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/96T/2</b>	96	Quebracho	biologischer	237	10,60	2,63	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/96T/3</b>	96	Quebracho	biologischer	232	9,70	2,19	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/96T/1</b>	96	Quebracho	Kombinationsprodukt	236	9,80	1,76	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/96T/2</b>	96	Quebracho	Kombinationsprodukt	246	9,89	1,81	0	0	0	0	0
<b>Q+CS+BS/96T/3</b>	96	Quebracho	Kombinationsprodukt	260	8,82	2,15	0	0	0	0	0
<b>Q/96T/1</b>	96	Quebracho	ohne	237	8,73	2,52	0	0	0	0	0
<b>Q/96T/2</b>	96	Quebracho	ohne	236	9,51	2,61	0	0	0	0	0
<b>Q/96T/3</b>	96	Quebracho	ohne	235	8,48	2,61	0	0	0	0	0
<b>BS/96 T/3</b>	96	ohne	biologischer	219	9,77	2,11	0	0	0	0	0
<b>BS/96T/1</b>	96	ohne	biologischer	236	10,33	2,46	0	0	0	0	0
<b>BS/96T/2</b>	96	ohne	biologischer	227	11,49	2,42	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/96T/1</b>	96	ohne	Kombinationsprodukt	229	11,59	1,65	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/96T/2</b>	96	ohne	Kombinationsprodukt	236	10,39	2,04	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/96T/3</b>	96	ohne	Kombinationsprodukt	231	11,12	1,99	0	0	0	0	0
<b>K/96T/1</b>	96	ohne	ohne	232	9,95	2,87	0	0	0	0	0
<b>K/96T/2</b>	96	ohne	ohne	238	9,69	3,03	0	0	0	0	0
<b>K/96T/3</b>	96	ohne	ohne	235	8,76	2,57	0	0	0	0	0
<b>M/12/1</b>		Mimosa	ohne	227	0	0,14	0	0	0	0	0
<b>M/12/3</b>		Mimosa	ohne	231	0	0,24	0	0	0	0	0
<b>M/12/2</b>		Mimosa	ohne	230	0	0,47	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12/1</b>		Quebracho	biologischer	235	0	0,40	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12/2</b>		Quebracho	biologischer	236	0	0,54	0	0	0	0	0
<b>Q+BS/12/3</b>		Quebracho	biologischer	239	0	1,22	0	0	0	0	0
<b>Q/12/1</b>		Quebracho	ohne	241	0	0,38	0	0	0	0	0

<b>Q/12/2</b>	Quebracho	ohne	238	0	0,07	0	0	0	0	0
<b>Q/12/3</b>	Quebracho	ohne	239	0	0,00	0	0	0	0	0
<b>BS/12/1</b>	ohne	biologischer	235	0	0,79	0	0	0	0	0
<b>BS/12/2</b>	ohne	biologischer	236	7,70	1,42	0	0	0	0	0
<b>BS/12/3</b>	ohne	biologischer	235	7,29	1,47	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	234	7,32	0,77	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	238	8,08	0,93	0	0	0	0	0
<b>CS+BS/12/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	235	7,98	1,01	0	0	0	0	0

**Tabelle 77: Rohrnährstoffgehalte der Weidelgrassilagen in Abhängigkeit der Varianten und Öffnungstermine**

Proben- Bezeichnung	Tanninhaltiges Pflanzen- extrakt	Silierzusatzstoff	Stunde	Tag	Wieder- holung	TM [g/kg ]	Rohasche [g/kg TM]	Rohprotein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	Rohfett [g/kg TM]	Zucker [g/kg TM]
M/1/1	Mimosa	ohne	1		1	249	112	165	193	30	170
M/1/2	Mimosa	ohne	1		2	249	116	173	192	31	164
M/1/3	Mimosa	ohne	1		3	250	117	169	192	31	171
M/3/1	Mimosa	ohne	3		1	255	115	161	197	31	163
M/3/2	Mimosa	ohne	3		2	253	118	162	196	31	157
M/3/3	Mimosa	ohne	3		3	250	114	159	197	31	164
M/6/1	Mimosa	ohne	6		1	239	115	173	191	31	163
M/6/2	Mimosa	ohne	6		2	242	116	159	202	30	156
M/6/3	Mimosa	ohne	6		3	243	113	170	194	32	161
M/12/1	Mimosa	ohne	12		1	227	114	149	205	31	151
M/12/2	Mimosa	ohne	12		2	230	118	165	185	31	155
M/12/3	Mimosa	ohne	12		3	231	114	163	198	32	147
M/1T/1	Mimosa	ohne		1	1	254	115	168	195	37	118
M/1T/2	Mimosa	ohne		1	2	252	111	160	199	35	121
M/1T/3	Mimosa	ohne		1	3	255	114	166	196	35	118
M/3T/1	Mimosa	ohne		3	1	243	123	174	205	40	56
M/3T/2	Mimosa	ohne		3	2	254	121	175	206	39	56
M/3T/3	Mimosa	ohne		3	3	238	120	179	209	40	38
M/6T/1	Mimosa	ohne		6	1	248	129	179	206	41	38
M/6T/2	Mimosa	ohne		6	2	236	120	170	204	39	43
M/6T/3	Mimosa	ohne		6	3	237	123	174	205	39	34
M/12T/1	Mimosa	ohne		12	1	234	116	174	207	41	40
M/12T/2	Mimosa	ohne		12	2	251	115	177	208	42	36
M/12T/3	Mimosa	ohne		12	3	251	120	178	208	42	37
M/24T/1	Mimosa	ohne		24	1	256	121	184	209	43	32
M/24T/2	Mimosa	ohne		24	2	247	125	183	212	43	17
M/24T/3	Mimosa	ohne		24	3	241	128	189	213	42	11
M/48T/1	Mimosa	ohne		48	1	247	121	169	206	41	28
M/48T/2	Mimosa	ohne		48	2	254	122	179	206	44	18
M/48T/3	Mimosa	ohne		48	3	252	129	179	210	44	10
M/96T/1	Mimosa	ohne		96	1	234	120	179	208	43	16
M/96T/1, 60°	Mimosa	ohne		96	1	934	131	177	223	43	25
M/96T/2	Mimosa	ohne		96	2	242	120	184	213	44	11
M/96T/2, 60°	Mimosa	ohne		96	2	935	133	186	225	46	27

<b>M/96T/3</b>	Mimosa	ohne	96	3	235	124	190	217	45	4
<b>M/96T/3, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	3	942	138	191	231	48	13
<b>BS/1/1</b>	ohne	biologischer	1	1	245	120	171	198	30	162
<b>BS/1/2</b>	ohne	biologischer	1	2	249	123	176	198	31	160
<b>BS/1/3</b>	ohne	biologischer	1	3	247	122	168	204	30	160
<b>BS/3/1</b>	ohne	biologischer	3	1	235	119	173	199	31	150
<b>BS/3/2</b>	ohne	biologischer	3	2	230	119	182	198	32	149
<b>BS/3/3</b>	ohne	biologischer	3	3	240	118	176	194	32	156
<b>BS/6/1</b>	ohne	biologischer	6	1	248	121	170	203	30	157
<b>BS/6/2</b>	ohne	biologischer	6	2	242	121	176	199	33	152
<b>BS/6/3</b>	ohne	biologischer	6	3	239	121	174	201	31	150
<b>BS/12/1</b>	ohne	biologischer	12	1	235	116	172	186	32	138
<b>BS/12/2</b>	ohne	biologischer	12	2	236	118	169	184	33	148
<b>BS/12/3</b>	ohne	biologischer	12	3	235	120	172	185	32	148
<b>BS/1T/1</b>	ohne	biologischer	1	1	231	124	179	197	33	104
<b>BS/1T/2</b>	ohne	biologischer	1	2	230	125	181	198	34	96
<b>BS/1T/3</b>	ohne	biologischer	1	3	238	119	179	199	37	96
<b>BS/3T/1</b>	ohne	biologischer	3	1	232	118	187	204	40	13
<b>BS/3T/2</b>	ohne	biologischer	3	2	237	129	192	212	41	14
<b>BS/3T/3</b>	ohne	biologischer	3	3	226	119	187	207	41	13
<b>BS/6T/1</b>	ohne	biologischer	6	1	238	129	187	213	43	7
<b>BS/6T/2</b>	ohne	biologischer	6	2	235	127	185	209	43	4
<b>BS/6T/3</b>	ohne	biologischer	6	3	230	126	183	205	43	9
<b>BS/12T/1</b>	ohne	biologischer	12	1	226	131	184	205	45	0
<b>BS/12T/2</b>	ohne	biologischer	12	2	239	129	186	207	45	0
<b>BS/12T/3</b>	ohne	biologischer	12	3	238	122	190	211	45	0
<b>BS/24T/1</b>	ohne	biologischer	24	1	232	126	197	217	45	0
<b>BS/24T/2</b>	ohne	biologischer	24	2	239	124	200	216	45	0
<b>BS/24T/3</b>	ohne	biologischer	24	3	241	128	204	221	46	0
<b>BS/48T/1</b>	ohne	biologischer	48	1	230	135	183	212	44	0
<b>BS/48T/2</b>	ohne	biologischer	48	2	237	136	185	215	44	0
<b>BS/48T/3</b>	ohne	biologischer	48	3	240	122	192	217	46	0
<b>BS/96T/1</b>	ohne	biologischer	96	1	236	122	192	217	44	0
<b>BS/96T/1, 60°</b>	ohne	biologischer	96	1	938	137	191	225	47	4
<b>BS/96T/2</b>	ohne	biologischer	96	2	227	126	191	207	45	1
<b>BS/96T/2, 60°</b>	ohne	biologischer	96	2	937	133	197	221	48	20
<b>BS/96 T/3</b>	ohne	biologischer	96	3	219	127	195	223	46	0
<b>BS/96T/3, 60°</b>	ohne	biologischer	96	3	940	137	198	234	48	4
<b>CS+BS/1/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	1	244	116	180	196	32	172



CS+BS/1/2	ohne	Kombinationsprodukt	1	2	245	115	179	200	32	165
CS+BS/1/3	ohne	Kombinationsprodukt	1	3	241	121	180	198	32	161
CS+BS/3/1	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	243	116	176	200	32	158
CS+BS/3/2	ohne	Kombinationsprodukt	3	2	237	124	181	205	32	146
CS+BS/3/3	ohne	Kombinationsprodukt	3	3	233	126	186	203	33	149
CS+BS/6/1	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	234	122	174	201	31	153
CS+BS/6/2	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	238	118	177	201	32	150
CS+BS/6/3	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	234	117	175	199	32	154
CS+BS/12/1	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	234	119	169	183	32	157
CS+BS/12/2	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	238	119	169	184	35	150
CS+BS/12/3	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	235	122	168	182	33	158
CS+BS/1T/1	ohne	Kombinationsprodukt	1	1	237	116	176	198	35	119
CS+BS/1T/2	ohne	Kombinationsprodukt	1	2	237	115	176	201	36	119
CS+BS/1T/3	ohne	Kombinationsprodukt	1	3	239	117	178	200	36	120
CS+BS/3T/1	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	230	124	188	210	43	20
CS+BS/3T/2	ohne	Kombinationsprodukt	3	2	233	126	193	206	46	11
CS+BS/3T/3	ohne	Kombinationsprodukt	3	3	234	125	179	203	42	57
CS+BS/6T/1	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	234	124	184	208	42	31
CS+BS/6T/2	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	232	122	183	204	42	33
CS+BS/6T/3	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	240	129	183	218	40	30
CS+BS/12T/1	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	231	126	191	210	41	20
CS+BS/12T/2	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	224	122	186	206	41	30
CS+BS/12T/3	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	237	131	187	217	43	18
CS+BS/24T/1	ohne	Kombinationsprodukt	24	1	233	120	192	215	44	15
CS+BS/24T/2	ohne	Kombinationsprodukt	24	2	219	120	188	210	43	19
CS+BS/24T/3	ohne	Kombinationsprodukt	24	3	229	124	187	207	45	19
CS+BS/48T/2	ohne	Kombinationsprodukt	48	2	233	124	188	214	46	17
CS+BS/48T/3	ohne	Kombinationsprodukt	48	3	232	126	184	209	44	27
CS+BS/48T/1	ohne	Kombinationsprodukt	48	1	235	126	193	217	47	10
CS+BS/96T/1	ohne	Kombinationsprodukt	96	1	229	125	193	206	47	16
CS+BS/96T/2	ohne	Kombinationsprodukt	96	2	236	131	196	213	46	2
CS+BS/96T/3	ohne	Kombinationsprodukt	96	3	231	127	196	212	46	6
K/1/1	ohne	ohne	1	1	252	118	176	191	32	151
K/3/1	ohne	ohne	1	1	248	119	171	194	32	158
K/1/2	ohne	ohne	1	2	247	120	177	190	32	153
K/1/3	ohne	ohne	1	3	248	119	171	191	32	159
K/3/2	ohne	ohne	3	2	250	120	175	192	33	151
K/3/3	ohne	ohne	3	3	250	114	172	194	32	153
K/6/1	ohne	ohne	6	1	238	116	176	190	33	152

K/6/2	ohne	ohne	6	2	237	112	172	191	31	157	
K/6/3	ohne	ohne	6	3	234	115	176	193	32	147	
K/12/1	ohne	ohne	12	1	238	125	177	185	32	146	
K/12/2	ohne	ohne	12	2	240	120	174	187	32	147	
K/12/3	ohne	ohne	12	3	241	119	177	187	31	149	
K/1T/1	ohne	ohne		1	1	230	118	177	201	37	99
K/1T/2	ohne	ohne		1	2	231	119	174	200	36	104
K/1T/3	ohne	ohne		1	3	228	120	174	200	37	95
K/3T/1	ohne	ohne		3	1	236	125	182	211	42	37
K/3T/2	ohne	ohne		3	2	239	121	176	208	41	39
K/3T/3	ohne	ohne		3	3	241	123	185	208	40	40
K/6T/1	ohne	ohne		6	1	253	123	180	201	42	39
K/6T/2	ohne	ohne		6	2	233	130	180	215	40	31
K/6T/3	ohne	ohne		6	3	230	135	186	212	41	24
K/12T/1	ohne	ohne		12	1	228	126	185	213	41	25
K/12T/2	ohne	ohne		12	2	226	122	185	214	42	22
K/12T/3	ohne	ohne		12	3	241	128	193	214	42	20
K/24T/1	ohne	ohne		24	1	224	125	192	206	44	5
K/24T/2	ohne	ohne		24	2	278	129	198	220	46	1
K/24T/3	ohne	ohne		24	3	230	123	192	212	45	5
K/48T/1	ohne	ohne		48	1	238	121	184	222	44	2
K/48T/2	ohne	ohne		48	2	222	118	185	212	46	1
K/48T/3	ohne	ohne		48	3	224	130	190	217	47	0
K/96T/1	ohne	ohne		96	1	232	130	191	216	45	0
K/96T/2	ohne	ohne		96	2	238	127	196	218	46	0
K/96T/3	ohne	ohne		96	3	235	127	191	216	46	0
Q+BS/1/1	Quebracho	biologischer	1	1	243	116	174	191	32	167	
Q+BS/1/2	Quebracho	biologischer	1	2	244	116	171	194	31	163	
Q+BS/1/3	Quebracho	biologischer	1	3	243	115	168	194	30	168	
Q+BS/3/1	Quebracho	biologischer	3	1	246	122	168	198	31	157	
Q+BS/3/2	Quebracho	biologischer	3	2	250	119	167	198	31	160	
Q+BS/3/3	Quebracho	biologischer	3	3	250	125	168	201	33	159	
Q+BS/6/1	Quebracho	biologischer	6	1	246	119	161	193	32	157	
Q+BS/6/2	Quebracho	ohne	6	2	242	119	162	194	33	153	
Q+BS/6/3	Quebracho	ohne	6	3	305	120	173	203	34	158	
Q+BS/12/1	Quebracho	biologischer	12	1	235	121	165	184	34	157	
Q+BS/12/2	Quebracho	biologischer	12	2	236	122	166	189	33	150	
Q+BS/12/3	Quebracho	biologischer	12	3	239	119	165	188	32	153	
Q+BS/1T/1	Quebracho	biologischer		1	1	235	118	168	197	36	111

<b>Q+BS/1T/2</b>	Quebracho	biologischer	1	2	235	121	170	195	38	111
<b>Q+BS/1T/3</b>	Quebracho	biologischer	1	3	234	119	162	201	35	107
<b>Q+BS/3T/1</b>	Quebracho	biologischer	3	1	243	124	184	210	42	25
<b>Q+BS/3T/2</b>	Quebracho	biologischer	3	2	233	124	178	209	41	27
<b>Q+BS/3T/3</b>	Quebracho	biologischer	3	3	247	124	178	205	40	26
<b>Q+BS/6T/1</b>	Quebracho	biologischer	6	1	229	123	174	205	41	17
<b>Q+BS/6T/2</b>	Quebracho	biologischer	6	2	240	124	182	208	43	16
<b>Q+BS/6T/3</b>	Quebracho	biologischer	6	3	241	129	185	210	43	14
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	228	121	178	209	42	14
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	253	122	177	217	40	17
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	232	129	182	210	43	8
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	245	125	184	218	42	14
<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	219	121	176	201	41	16
<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	245	128	186	216	44	13
<b>Q+BS/48T/1</b>	Quebracho	biologischer	48	1	229	120	177	207	43	11
<b>Q+BS/48T/2</b>	Quebracho	biologischer	48	2	246	121	180	209	44	4
<b>Q+BS/48T/3</b>	Quebracho	biologischer	48	3	245	122	183	210	45	4
<b>Q+BS/96T/1</b>	Quebracho	biologischer	96	1	249	127	188	212	46	0
<b>Q+BS/96T/2</b>	Quebracho	biologischer	96	2	237	123	188	213	45	1
<b>Q+BS/96T/3</b>	Quebracho	biologischer	96	3	232	121	182	216	44	0
<b>Q+CS+BS/1/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	1	248	120	172	199	32	166
<b>Q+CS+BS/1/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	2	247	116	172	197	32	166
<b>Q+CS+BS/1/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	2	242	116	169	198	31	168
<b>Q+CS+BS/3/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	250	114	175	194	33	164
<b>Q+CS+BS/3/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	243	118	171	193	32	165
<b>Q+CS+BS/3/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	246	115	172	196	32	167
<b>Q+CS+BS/6/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	236	115	171	198	33	164
<b>Q+CS+BS/6/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	235	117	172	204	32	164
<b>Q+CS+BS/6/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	233	116	168	200	32	165
<b>Q+CS+BS/12/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	243	118	171	185	34	176
<b>Q+CS+BS/12/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	242	121	163	187	32	168
<b>Q+CS+BS/12/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	242	119	166	183	33	168
<b>Q+CS+BS/3T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	244	120	175	205	40	62
<b>Q+CS+BS/3T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	232	121	178	201	41	45
<b>Q+CS+BS/3T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	3	251	124	180	207	42	63
<b>Q+CS+BS/6T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	1	240	126	181	213	42	23
<b>Q+CS+BS/6T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	262	122	185	208	43	46
<b>Q+CS+BS/6T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	239	123	181	204	43	34
<b>Q+CS+BS/12T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	233	119	176	202	41	36

<b>Q+CS+BS/12T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	240	128	180	206	44	21
<b>Q+CS+BS/12T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	262	127	181	205	43	30
<b>Q+CS+BS/24T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	1	241	126	179	210	43	31
<b>Q+CS+BS/24T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	2	238	124	179	207	41	26
<b>Q+CS+BS/24T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	3	238	127	183	214	41	33
<b>Q+CS+BS/48T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	1	285	121	175	210	42	30
<b>Q+CS+BS/48T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	2	239	118	174	210	41	12
<b>Q+CS+BS/48T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	3	247	123	181	215	45	17
<b>Q+CS+BS/96T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	236	124	187	221	43	19
<b>Q+CS+BS/96T/1 , 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	935	133	186	229	45	35
<b>Q+CS+BS/96T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	246	122	192	214	46	23
<b>Q+CS+BS/96T/2 , 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	932	131	187	224	45	42
<b>Q+CS+BS/96T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	260	121	190	214	45	24
<b>Q+CS+BS/96T/3 , 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	935	129	193	222	46	41
<b>Q/1/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	244	113	168	197	32	167
<b>Q/1/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	245	113	167	205	32	158
<b>Q/1/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	251	123	170	194	32	167
<b>Q/3/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	244	119	173	193	32	154
<b>Q/3/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	240	118	167	198	33	161
<b>Q/3/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	239	116	169	193	34	159
<b>Q/6/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	235	118	163	187	32	158
<b>Q/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	239	119	163	191	32	152
<b>Q/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	236	122	160	194	32	156
<b>Q/12/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	241	114	166	198	33	141
<b>Q/12/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	238	118	161	199	33	147
<b>Q/12/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	239	114	165	194	33	147
<b>Q/1T/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	256	115	165	197	36	119
<b>Q/1T/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	254	119	173	192	37	122
<b>Q/1T/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	254	116	164	194	35	123
<b>Q/3T/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	245	123	181	205	40	50
<b>Q/3T/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	234	122	176	209	37	46
<b>Q/3T/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	243	126	185	212	40	46
<b>Q/6T/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	242	125	174	204	42	39
<b>Q/6T/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	233	120	170	203	39	39
<b>Q/6T/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	236	124	177	216	40	21
<b>Q/12T/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	236	123	176	208	43	26

<b>Q/12T/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	242	124	181	206	44	24
<b>Q/12T/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	244	124	179	208	41	22
<b>Q/24T/1</b>	Quebracho	ohne	24	1	233	121	187	212	42	16
<b>Q/24T/2</b>	Quebracho	ohne	24	2	241	122	191	219	43	9
<b>Q/24T/3</b>	Quebracho	ohne	24	3	235	123	188	216	44	7
<b>Q/48T/1</b>	Quebracho	ohne	48	1	325	131	186	210	46	9
<b>Q/48T/2</b>	Quebracho	ohne	48	2	246	128	180	209	44	7
<b>Q/48T/3</b>	Quebracho	ohne	48	3	243	124	177	211	45	12
<b>Q/96T/1</b>	Quebracho	ohne	96	1	237	122	182	217	44	7
<b>Q/96T/2</b>	Quebracho	ohne	96	2	236	128	190	213	46	0
<b>Q/96T/3</b>	Quebracho	ohne	96	3	235	126	190	209	46	6

**Tabelle 78: Ergebnisse des Hohenheimer Futterwerttests (HFT) sowie Angaben zum Energiegehalte (Umsetzbare Energie, ME, und Nettoenergie-Laktation, NEL) der Weidelgrassilagen über alle Öffnungszeiträume (von 1 Stunde bis zum 96. Tag), Siliervarianten und Wiederholungen**

Proben-Bezeichnung	Tanninhaltiges Pflanzenextrakt	Silierzusatzstoff	Stunde	Tag	Wiederholung	HFT [ml/200mg]	ME [MJ/kg TM]	NEL [MJ/kg TM]
M/1/1	Mimosa	ohne	1		1	47,4	10,7	6,5
M/1/2	Mimosa	ohne	1		2	48,5	10,9	6,6
M/1/3	Mimosa	ohne	1		3	47,6	10,8	6,6
M/3/1	Mimosa	ohne	3		1	46,3	10,6	6,4
M/3/2	Mimosa	ohne	3		2	44,8	10,5	6,3
M/3/3	Mimosa	ohne	3		3	45,9	10,5	6,4
M/6/1	Mimosa	ohne	6		1	47,3	10,7	6,5
M/6/2	Mimosa	ohne	6		2	45,5	10,5	6,3
M/6/3	Mimosa	ohne	6		3	46,8	10,8	6,5
M/12/1	Mimosa	ohne	12		1	43,5	10,2	6,1
M/12/2	Mimosa	ohne	12		2	46,1	10,7	6,5
M/12/3	Mimosa	ohne	12		3	44,8	10,5	6,4
M/1T/1	Mimosa	ohne		1	1	44,0	10,6	6,4
M/1T/2	Mimosa	ohne		1	2	43,8	10,4	6,3
M/1T/3	Mimosa	ohne		1	3	44,6	10,6	6,4
M/3T/1	Mimosa	ohne		3	1	47,1	10,9	6,6
M/3T/2	Mimosa	ohne		3	2	46,8	10,8	6,6
M/3T/3	Mimosa	ohne		3	3	45,5	10,7	6,5
M/6T/1	Mimosa	ohne		6	1	45,1	10,7	6,5
M/6T/2	Mimosa	ohne		6	2	45,0	10,7	6,5
M/6T/3	Mimosa	ohne		6	3	46,2	10,7	6,5
M/12T/1	Mimosa	ohne		12	1	46,4	10,9	6,6
M/12T/2	Mimosa	ohne		12	2	46,0	10,9	6,6
M/12T/3	Mimosa	ohne		12	3	45,2	10,8	6,5
M/24T/1	Mimosa	ohne		24	1	47,1	11,0	6,7
M/24T/2	Mimosa	ohne		24	2	46,6	10,9	6,6
M/24T/3	Mimosa	ohne		24	3	46,5	10,8	6,6
M/48T/1	Mimosa	ohne		48	1	45,4	10,7	6,5
M/48T/2	Mimosa	ohne		48	2	46,5	10,9	6,7
M/48T/3	Mimosa	ohne		48	3	44,7	10,7	6,5
M/96T/1	Mimosa	ohne		96	1	45,7	10,9	6,6
M/96T/1, 60°	Mimosa	ohne		96	1	44,8	10,5	6,4

<b>M/96T/2</b>	Mimosa	ohne	96	2	45,3	10,8	6,6
<b>M/96T/2, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	2	45,1	10,7	6,5
<b>M/96T/3</b>	Mimosa	ohne	96	3	45,9	10,9	6,6
<b>M/96T/3, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	3	46,0	10,7	6,5
<b>BS/1/1</b>	ohne	biologischer	1	1	51,9	11,1	6,8
<b>BS/1/2</b>	ohne	biologischer	1	2	52,0	11,2	6,9
<b>BS/1/3</b>	ohne	biologischer	1	3	52,0	11,1	6,8
<b>BS/3/1</b>	ohne	biologischer	3	1	50,2	11,0	6,7
<b>BS/3/2</b>	ohne	biologischer	3	2	50,7	10,9	6,7
<b>BS/3/3</b>	ohne	biologischer	3	3	50,1	11,0	6,8
<b>BS/6/1</b>	ohne	biologischer	6	1	51,8	11,1	6,8
<b>BS/6/2</b>	ohne	biologischer	6	2	51,6	11,2	6,9
<b>BS/6/3</b>	ohne	biologischer	6	3	50,4	11,0	6,8
<b>BS/12/1</b>	ohne	biologischer	12	1	49,3	11,1	6,8
<b>BS/12/2</b>	ohne	biologischer	12	2	49,9	11,2	6,9
<b>BS/12/3</b>	ohne	biologischer	12	3	50,0	11,2	6,9
<b>BS/1T/1</b>	ohne	biologischer	1	1	49,8	10,9	6,7
<b>BS/1T/2</b>	ohne	biologischer	1	2	49,1	10,9	6,6
<b>BS/1T/3</b>	ohne	biologischer	1	3	47,8	11,0	6,7
<b>BS/3T/1</b>	ohne	biologischer	3	1	48,2	11,0	6,7
<b>BS/3T/2</b>	ohne	biologischer	3	2	47,7	11,0	6,7
<b>BS/3T/3</b>	ohne	biologischer	3	3	48,6	11,1	6,8
<b>BS/6T/1</b>	ohne	biologischer	6	1	47,5	11,0	6,7
<b>BS/6T/2</b>	ohne	biologischer	6	2	48,1	11,1	6,8
<b>BS/6T/3</b>	ohne	biologischer	6	3	48,3	11,1	6,8
<b>BS/12T/1</b>	ohne	biologischer	12	1	46,9	11,0	6,7
<b>BS/12T/2</b>	ohne	biologischer	12	2	46,9	11,0	6,7
<b>BS/12T/3</b>	ohne	biologischer	12	3	46,1	11,0	6,7
<b>BS/24T/1</b>	ohne	biologischer	24	1	50,9	11,4	7,0
<b>BS/24T/2</b>	ohne	biologischer	24	2	51,0	11,5	7,0
<b>BS/24T/3</b>	ohne	biologischer	24	3	49,8	11,3	6,9
<b>BS/48T/1</b>	ohne	biologischer	48	1	47,7	11,0	6,7
<b>BS/48T/2</b>	ohne	biologischer	48	2	47,4	11,0	6,7
<b>BS/48T/3</b>	ohne	biologischer	48	3	45,4	10,9	6,6
<b>BS/96T/1</b>	ohne	biologischer	96	1	47,6	11,1	6,8
<b>BS/96T/1, 60°</b>	ohne	biologischer	96	1	48,5	11,0	6,7
<b>BS/96T/2</b>	ohne	biologischer	96	2	48,4	11,2	6,9
<b>BS/96T/2, 60°</b>	ohne	biologischer	96	2	49,9	11,2	6,9
<b>BS/96 T/3</b>	ohne	biologischer	96	3	45,8	11,0	6,7

<b>BS/96T/3, 60°</b>	ohne	biologischer		96	3	48,2	11,0	6,7
<b>CS+BS/1/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1		1	53,1	11,4	7,0
<b>CS+BS/1/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1		2	52,4	11,3	7,0
<b>CS+BS/1/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1		3	53,4	11,4	7,0
<b>CS+BS/3/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3		1	51,5	11,2	6,9
<b>CS+BS/3/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3		2	52,4	11,1	6,8
<b>CS+BS/3/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3		3	54,7	11,3	6,9
<b>CS+BS/6/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6		1	50,4	11,0	6,8
<b>CS+BS/6/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6		2	50,5	11,1	6,8
<b>CS+BS/6/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6		3	50,5	11,1	6,8
<b>CS+BS/12/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12		1	52,6	11,3	7,0
<b>CS+BS/12/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12		2	52,6	11,4	7,0
<b>CS+BS/12/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12		3	52,8	11,3	7,0
<b>CS+BS/1T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		1	1	49,3	11,1	6,8
<b>CS+BS/1T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		1	2	50,0	11,2	6,8
<b>CS+BS/1T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		1	3	49,9	11,1	6,8
<b>CS+BS/3T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		3	1	48,2	11,1	6,8
<b>CS+BS/3T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		3	2	46,5	11,1	6,8
<b>CS+BS/3T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		3	3	49,4	11,2	6,9
<b>CS+BS/6T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		6	1	49,2	11,2	6,8
<b>CS+BS/6T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		6	2	49,8	11,2	6,9
<b>CS+BS/6T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		6	3	49,0	11,0	6,7
<b>CS+BS/12T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		12	1	48,8	11,0	6,7
<b>CS+BS/12T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		12	2	49,4	11,1	6,8
<b>CS+BS/12T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		12	3	49,6	11,2	6,8
<b>CS+BS/24T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		24	1	49,1	11,2	6,9
<b>CS+BS/24T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		24	2	49,5	11,2	6,8
<b>CS+BS/24T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		24	3	49,7	11,3	7,0
<b>CS+BS/48T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		48	1	46,7	11,1	6,8
<b>CS+BS/48T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		48	2	47,0	11,1	6,8
<b>CS+BS/48T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		48	3	47,5	11,2	6,8
<b>CS+BS/96T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt		96	1	49,3	11,4	7,0
<b>CS+BS/96T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt		96	2	47,4	11,2	6,8
<b>CS+BS/96T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt		96	3	47,6	11,2	6,9
<b>K/1/1</b>	ohne	ohne	1		1	49,2	11,0	6,8
<b>K/3/1</b>	ohne	ohne	1		1	49,1	11,0	6,7
<b>K/1/2</b>	ohne	ohne	1		2	48,5	11,0	6,7
<b>K/1/3</b>	ohne	ohne	1		3	49,3	11,0	6,8
<b>K/3/2</b>	ohne	ohne	3		2	48,3	11,0	6,7



K/3/3	ohne	ohne	3	3	49,2	11,0	6,7
K/6/1	ohne	ohne	6	1	48,3	11,0	6,7
K/6/2	ohne	ohne	6	2	49,5	11,0	6,8
K/6/3	ohne	ohne	6	3	48,0	10,9	6,7
K/12/1	ohne	ohne	12	1	49,2	11,2	6,9
K/12/2	ohne	ohne	12	2	49,7	11,2	6,9
K/12/3	ohne	ohne	12	3	49,5	11,1	6,8
K/1T/1	ohne	ohne		1	47,7	11,0	6,7
K/1T/2	ohne	ohne		1	48,1	10,9	6,7
K/1T/3	ohne	ohne		1	47,5	10,9	6,7
K/3T/1	ohne	ohne		3	48,2	11,1	6,8
K/3T/2	ohne	ohne		3	47,8	11,0	6,7
K/3T/3	ohne	ohne		3	48,8	11,1	6,8
K/6T/1	ohne	ohne		6	49,2	11,3	6,9
K/6T/2	ohne	ohne		6	48,7	11,0	6,8
K/6T/3	ohne	ohne		6	48,7	11,1	6,8
K/12T/1	ohne	ohne		12	48,2	11,1	6,8
K/12T/2	ohne	ohne		12	48,0	11,1	6,8
K/12T/3	ohne	ohne		12	48,3	11,1	6,8
K/24T/1	ohne	ohne		24	48,5	11,3	6,9
K/24T/2	ohne	ohne		24	48,3	11,2	6,9
K/24T/3	ohne	ohne		24	49,0	11,3	6,9
K/48T/1	ohne	ohne		48	46,2	10,9	6,6
K/48T/2	ohne	ohne		48	46,5	11,1	6,8
K/48T/3	ohne	ohne		48	44,8	10,9	6,6
K/96T/1	ohne	ohne		96	46,4	11,0	6,7
K/96T/2	ohne	ohne		96	47,2	11,2	6,8
K/96T/3	ohne	ohne		96	46,5	11,1	6,7
Q+BS/1/1	Quebracho	biologischer	1	1	48,8	10,9	6,7
Q+BS/1/2	Quebracho	biologischer	1	2	48,4	10,8	6,6
Q+BS/1/3	Quebracho	biologischer	1	3	48,8	10,8	6,6
Q+BS/3/1	Quebracho	biologischer	3	1	47,8	10,7	6,5
Q+BS/3/2	Quebracho	biologischer	3	2	48,3	10,7	6,5
Q+BS/3/3	Quebracho	biologischer	3	3	47,3	10,7	6,5
Q+BS/6/1	Quebracho	biologischer	6	1	45,8	10,6	6,4
Q+BS/6/2	Quebracho	ohne	6	2	45,1	10,5	6,4
Q+BS/6/3	Quebracho	ohne	6	3	49,0	10,9	6,6
Q+BS/12/1	Quebracho	biologischer	12	1	46,9	10,9	6,6
Q+BS/12/2	Quebracho	biologischer	12	2	46,8	10,8	6,6

Q+BS/12/3	Quebracho	biologischer	12	3	48,1	10,9	6,7
Q+BS/1T/1	Quebracho	biologischer	1	1	45,7	10,6	6,4
Q+BS/1T/2	Quebracho	biologischer	1	2	44,4	10,6	6,4
Q+BS/1T/3	Quebracho	biologischer	1	3	45,8	10,6	6,4
Q+BS/3T/1	Quebracho	biologischer	3	1	44,4	10,6	6,4
Q+BS/3T/2	Quebracho	biologischer	3	2	46,6	10,8	6,6
Q+BS/3T/3	Quebracho	biologischer	3	3	46,7	10,8	6,6
Q+BS/6T/1	Quebracho	biologischer	6	1	45,2	10,7	6,5
Q+BS/6T/2	Quebracho	biologischer	6	2	44,7	10,7	6,5
Q+BS/6T/3	Quebracho	biologischer	6	3	44,0	10,6	6,4
Q+BS/12T/1	Quebracho	biologischer	12	1	44,0	10,6	6,4
Q+BS/12T/1	Quebracho	biologischer	12	1	46,8	10,8	6,6
Q+BS/12T/2	Quebracho	biologischer	12	2	44,2	10,6	6,4
Q+BS/12T/2	Quebracho	biologischer	12	2	45,7	10,8	6,6
Q+BS/12T/3	Quebracho	biologischer	12	3	45,0	10,7	6,5
Q+BS/12T/3	Quebracho	biologischer	12	3	45,3	10,8	6,6
Q+BS/48T/1	Quebracho	biologischer	48	1	44,9	10,7	6,5
Q+BS/48T/2	Quebracho	biologischer	48	2	44,5	10,7	6,5
Q+BS/48T/3	Quebracho	biologischer	48	3	43,4	10,6	6,4
Q+BS/96T/1	Quebracho	biologischer	96	1	43,3	10,7	6,5
Q+BS/96T/2	Quebracho	biologischer	96	2	45,7	10,9	6,6
Q+BS/96T/3	Quebracho	biologischer	96	3	43,9	10,7	6,5
Q+CS+BS/1/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	1	49,4	10,9	6,6
Q+CS+BS/1/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	2	50,9	11,0	6,8
Q+CS+BS/1/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	1	2	50,0	10,9	6,7
Q+CS+BS/3/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	48,9	11,0	6,7
Q+CS+BS/3/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	50,6	11,0	6,7
Q+CS+BS/3/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	50,1	11,0	6,7
Q+CS+BS/6/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	1	49,3	10,9	6,7
Q+CS+BS/6/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	50,3	11,0	6,7
Q+CS+BS/6/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	49,5	10,9	6,7
Q+CS+BS/12/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	50,3	11,1	6,8
Q+CS+BS/12/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	49,2	10,9	6,7
Q+CS+BS/12/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	49,3	11,0	6,7
Q+CS+BS/3T/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	47,5	10,9	6,6
Q+CS+BS/3T/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	47,9	11,0	6,7
Q+CS+BS/3T/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	3	46,7	10,9	6,6
Q+CS+BS/6T/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	1	44,7	10,6	6,4
Q+CS+BS/6T/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	46,3	10,9	6,6

<b>Q+CS+BS/6T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	45,9	10,8	6,6
<b>Q+CS+BS/12T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	46,0	10,8	6,6
<b>Q+CS+BS/12T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	46,7	10,9	6,7
<b>Q+CS+BS/12T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	46,9	10,9	6,6
<b>Q+CS+BS/24T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	1	43,0	10,5	6,3
<b>Q+CS+BS/24T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	2	44,8	10,6	6,4
<b>Q+CS+BS/24T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	3	47,9	10,9	6,7
<b>Q+CS+BS/48T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	1	46,8	10,8	6,6
<b>Q+CS+BS/48T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	2	44,9	10,7	6,5
<b>Q+CS+BS/48T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	3	42,6	10,5	6,4
<b>Q+CS+BS/96T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	46,6	10,9	6,6
<b>Q+CS+BS/96T/1, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	47,0	10,8	6,5
<b>Q+CS+BS/96T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	48,1	11,2	6,8
<b>Q+CS+BS/96T/2, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	48,5	10,9	6,7
<b>Q+CS+BS/96T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	47,6	11,1	6,8
<b>Q+CS+BS/96T/3, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	48,3	11,0	6,7
<b>Q/1/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	47,6	10,8	6,6
<b>Q/1/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	47,7	10,7	6,5
<b>Q/1/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	49,0	10,9	6,7
<b>Q/3/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	47,6	10,8	6,6
<b>Q/3/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	47,7	10,7	6,5
<b>Q/3/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	47,9	10,8	6,6
<b>Q/6/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	45,1	10,6	6,4
<b>Q/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	44,3	10,5	6,3
<b>Q/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	44,8	10,5	6,3
<b>Q/12/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	44,6	10,5	6,4
<b>Q/12/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	45,3	10,5	6,4
<b>Q/12/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	45,6	10,6	6,4
<b>Q/1T/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	45,8	10,7	6,5
<b>Q/1T/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	46,6	10,8	6,6
<b>Q/1T/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	46,2	10,7	6,5
<b>Q/3T/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	48,1	11,0	6,7
<b>Q/3T/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	47,2	10,8	6,6
<b>Q/3T/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	47,2	10,9	6,6
<b>Q/6T/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	45,7	10,8	6,6
<b>Q/6T/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	45,9	10,8	6,5
<b>Q/6T/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	45,0	10,6	6,4
<b>Q/12T/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	46,7	10,9	6,7
<b>Q/12T/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	45,0	10,8	6,6

Q/12T/3	Quebracho	ohne	12	3	45,5	10,7	6,5
Q/24T/1	Quebracho	ohne	24	1	48,6	11,1	6,8
Q/24T/2	Quebracho	ohne	24	2	48,8	11,1	6,8
Q/24T/3	Quebracho	ohne	24	3	44,8	10,7	6,5
Q/48T/1	Quebracho	ohne	48	1	47,8	11,1	6,8
Q/48T/2	Quebracho	ohne	48	2	44,1	10,6	6,4
Q/48T/3	Quebracho	ohne	48	3	45,3	10,8	6,6
Q/96T/1	Quebracho	ohne	96	1	45,4	10,8	6,6
Q/96T/2	Quebracho	ohne	96	2	43,6	10,7	6,5
Q/96T/3	Quebracho	ohne	96	3	47,4	11,2	6,9

**Tabelle 79: Angaben zur Proteinlöslichkeit, UDP5-Gehalten, PNDF-Gehalte sowie zu den Rohproteinfraktionen (A, B1, B2, B3 und C) kalkuliert auf Grundlage des Cornell Net Carbohydrate and Protein System über alle Öffnungszeitpunkte (von der 1. Stunde bis zum 96. Siliertag), Siliervarianten und Wiederholungen**

Proben- Bezeichnung	Tannin- haltiges Pflanzen- extrakt	Silierzusatzstoff	Stunde	Tag	Wieder- holung	Protein- löslichkeit [%]	PNDF [g/kg TM]	A [% des RPr]	B1 [% des RPr]	B2 [% des RPr]	B3 [% des RPr]	C [% des RPr]	UDP5 [% d RPr]*
O+CS+BS/1/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		1	32,5	418	28,2	4,2	33,3	29,3	4,9	28
Q+CS+BS/1/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		2	33,6	411	29,0	4,6	33,1	28,6	4,7	27
Q+BS+BS/3/2	Quebracho	biologischer	3		2	30,1	424	25,9	4,2	34,4	30,1	5,4	30
Q+CS+BS/1/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	1		2	34,1	415	29,6	4,4	32,8	28,3	4,9	27
Q+CS+BS/3/3	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		2	32,2	410	27,8	4,4	33,3	29,5	5,0	28
Q+CS+BS/3/1	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		1	33,0	407	28,6	4,4	32,4	30,0	4,6	27
Q+CS+BS/3/2	Quebracho	Kombinationsprodukt	3		2	33,0	408	28,4	4,6	32,9	29,3	4,8	27
Q+BS/1/1	Quebracho	biologischer	1		1	30,2	405	25,7	4,5	34,5	30,6	4,6	28
Q+BS/1/2	Quebracho	biologischer	1		2	29,4	416	25,2	4,2	34,5	31,0	5,1	29
Q+BS/1/3	Quebracho	biologischer	1		3	29,6	410	25,4	4,2	34,7	30,8	4,9	29
BS/1/1	ohne	biologischer	1		1	30,7	416	26,6	4,0	35,5	29,1	4,7	28
BS/1/2	ohne	biologischer	1		2	32,5	410	28,4	4,1	35,2	27,7	4,5	27
BS/1/3	ohne	biologischer	1		3	30,6	426	26,8	3,8	35,3	29,2	4,8	29
BS/6/1	ohne	biologischer	6		1	32,6	424	28,8	3,8	34,8	27,9	4,7	28
BS/6/2	ohne	biologischer	6		2	32,4	414	28,2	4,2	34,8	28,4	4,4	27
Q/3/1	Quebracho	ohne	3		1	29,5	416	25,6	4,0	34,5	30,4	5,6	30
Q/3/2	Quebracho	ohne	3		2	29,1	429	24,8	4,3	34,4	31,3	5,3	30
Q/3/3	Quebracho	ohne	3		3	29,5	425	25,5	4,0	34,3	31,1	5,0	29
CS+BS/1/3	ohne	Kombinationsprodukt	1		3	35,7	405	31,4	4,3	33,5	26,8	4,0	24
BS/6/3	ohne	biologischer	6		3	34,3	414	30,3	4,0	34,5	26,6	4,6	26
Q+CS+BS/6/1	Quebracho	ohne	6		1	34,2	410	29,9	4,3	32,2	29,0	4,6	27
Q+CS+BS/6/2	Quebracho	ohne	6		2	36,9	405	32,5	4,5	31,5	27,0	4,5	25
Q+CS+BS/6/3	Quebracho	ohne	6		3	34,4	410	29,9	4,5	32,4	28,5	4,7	27
CS+BS/1/1	ohne	Kombinationsprodukt	1		1	35,5	398	31,2	4,3	32,7	28,0	3,7	24
CS+BS/1/2	ohne	Kombinationsprodukt	1		2	34,9	404	30,6	4,2	33,6	27,6	4,0	25
CS+BS/3/3	ohne	Kombinationsprodukt	3		3	40,2	411	36,6	3,6	31,7	24,1	4,0	22
CS+BS/3/2	ohne	Kombinationsprodukt	3		2	37,8	416	33,9	4,0	33,3	24,6	4,3	24
BS/3/1	ohne	biologischer	3		1	33,5	412	29,6	4,0	34,9	26,7	4,8	27
BS/3/2	ohne	biologischer	3		2	36,7	407	33,0	3,7	33,9	25,0	4,4	25
BS/3/3	ohne	biologischer	3		3	32,6	412	28,6	4,0	35,3	27,3	4,8	27

<b>Q+BS/3/1</b>	Quebracho	biologischer	3	1	30,8	422	26,6	4,2	34,5	29,5	5,2	29
<b>CS+BS/6/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	37,3	413	33,2	4,1	32,5	25,9	4,3	25
<b>CS+BS/6/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	37,3	415	33,2	4,1	32,6	25,9	4,2	24
<b>CS+BS/6/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	37,3	409	33,2	4,2	32,7	25,8	4,2	25
<b>CS+BS/3/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	36,7	416	32,4	4,3	32,9	26,6	3,9	24
<b>Q/1/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	29,9	424	25,7	4,3	33,5	31,8	4,8	29
<b>Q/1/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	29,3	436	25,3	4,1	34,5	31,0	5,1	30
<b>Q/1/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	29,6	426	25,3	4,3	34,0	31,6	4,7	29
<b>Q+BS/3/3</b>	Quebracho	biologischer	3	3	29,2	438	25,2	4,0	34,1	31,7	5,1	29
<b>Q+BS/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	31,3	437	27,0	4,3	33,7	30,0	5,0	28
<b>Q/6/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	30,7	432	26,0	4,7	33,0	31,5	4,8	29
<b>Q/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	30,9	432	26,4	4,5	33,0	30,9	5,1	29
<b>Q/6/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	31,7	434	27,2	4,5	32,4	31,0	4,8	28
<b>Q+BS/6/1</b>	Quebracho	biologischer	6	1	32,2	433	27,8	4,4	32,7	30,3	4,8	28
<b>Q+BS/6/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	32,2	436	27,7	4,6	31,9	31,0	4,8	28
<b>M/1/1</b>	Mimosa	ohne	1	1	29,1	421	25,0	4,1	34,2	31,1	5,6	31
<b>M/1/2</b>	Mimosa	ohne	1	2	29,6	420	25,6	4,0	35,0	30,2	5,2	29
<b>M/1/3</b>	Mimosa	ohne	1	3	30,4	413	26,3	4,1	34,1	30,4	5,2	29
<b>M/6/1</b>	Mimosa	ohne	6	1	31,8	405	27,7	4,1	33,7	29,2	5,3	29
<b>M/6/3</b>	Mimosa	ohne	6	3	30,6	412	26,4	4,2	33,2	30,9	5,3	29
<b>M/3/1</b>	Mimosa	ohne	3	1	32,2	434	27,9	4,3	32,5	30,0	5,3	29
<b>M/3/2</b>	Mimosa	ohne	3	2	31,5	430	27,4	4,2	32,4	30,7	5,4	29
<b>M/3/3</b>	Mimosa	ohne	3	3	31,1	439	26,8	4,3	32,5	31,2	5,3	30
<b>M/6/2</b>	Mimosa	ohne	6	2	32,7	443	28,5	4,2	31,6	30,6	5,1	29
<b>K/3/3</b>	ohne	ohne	3	3	32,5	429	28,6	3,9	33,7	29,4	4,4	27
<b>K/1/1</b>	ohne	ohne	1	1	33,8	416	29,5	4,3	33,5	28,3	4,5	26
<b>K/1/2</b>	ohne	ohne	1	2	34,3	413	30,1	4,2	33,6	27,7	4,5	26
<b>K/1/3</b>	ohne	ohne	1	3	35,2	410	30,9	4,4	33,4	27,2	4,2	25
<b>K/3/1</b>	ohne	ohne	1	1	35,3	413	31,1	4,2	33,1	27,4	4,2	25
<b>K/3/2</b>	ohne	ohne	3	2	35,5	416	31,2	4,3	33,2	27,0	4,3	25
<b>K/6/1</b>	ohne	ohne	6	1	32,1	426	28,2	3,9	34,2	29,3	4,4	27
<b>K/6/2</b>	ohne	ohne	6	2	33,5	424	29,4	4,1	34,1	28,0	4,4	26
<b>K/6/3</b>	ohne	ohne	6	3	34,3	422	30,3	4,0	33,5	27,8	4,4	26
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	52,9	419	49,0	3,9	27,0	16,7	3,4	18
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	55,1	417	51,4	3,7	26,5	15,2	3,2	16
<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	54,5	407	50,5	4,0	27,1	15,4	3,0	17
<b>Q+CS+BS/24T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	1	50,4	428	46,8	3,6	26,3	19,6	3,7	19
<b>Q+CS+BS/24T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	2	54,3	418	50,5	3,8	27,2	15,2	3,3	17
<b>Q+CS+BS/96T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	59,4	391	56,1	3,2	24,2	13,1	3,3	14

<b>Q+CS+BS/96T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	60,3	374	56,7	3,6	24,4	12,5	2,8	12
<b>Q/24T/1</b>	Quebracho	ohne	24	1	55,8	382	51,6	4,2	26,6	14,5	3,1	15
<b>Q/24T/2</b>	Quebracho	ohne	24	2	55,6	395	51,8	3,8	26,5	14,6	3,3	15
<b>BS/24T/1</b>	ohne	biologischer	24	1	62,7	382	59,5	3,2	25,4	9,4	2,5	10
<b>BS/24T/2</b>	ohne	biologischer	24	2	61,0	386	57,8	3,2	25,6	10,6	2,7	11
<b>BS/24T/3</b>	ohne	biologischer	24	3	60,8	391	57,7	3,0	26,2	10,3	2,7	11
<b>Q/24T/3</b>	Quebracho	ohne	24	3	52,6	409	48,9	3,7	27,7	16,3	3,4	17
<b>BS/96T/3</b>	ohne	biologischer	96	3	67,1	391	64,1	3,0	23,5	6,7	2,8	9
<b>CS+BS/24T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	1	62,0	393	58,6	3,4	25,5	10,0	2,5	11
<b>CS+BS/24T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	2	64,1	389	60,8	3,3	25,3	7,9	2,7	11
<b>CS+BS/24T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	24	3	63,5	381	60,1	3,4	25,1	9,2	2,2	11
<b>CS+BS/96T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	1	69,4	369	66,4	3,0	22,1	6,4	2,1	7
<b>CS+BS/96T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	2	67,0	384	63,9	3,1	22,6	7,8	2,6	9
<b>CS+BS/96T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	96	3	67,9	380	64,8	3,2	22,7	6,9	2,5	8
<b>K/96T/1</b>	ohne	ohne	96	1	70,0	383	66,7	3,4	21,3	5,7	3,0	9
<b>K/96T/2</b>	ohne	ohne	96	2	66,4	386	63,4	3,1	22,8	8,0	2,7	9
<b>K/24T/1</b>	ohne	ohne	24	1	65,0	374	61,1	3,8	24,1	8,2	2,7	10
<b>K/24T/2</b>	ohne	ohne	24	2	61,5	407	58,3	3,3	25,4	10,3	2,8	11
<b>K/24T/3</b>	ohne	ohne	24	3	64,5	383	61,0	3,6	24,1	8,9	2,5	10
<b>M/96T/1</b>	Mimosa	ohne	96	1	59,9	380	55,5	4,4	23,5	13,0	3,6	15
<b>Q/96T/1</b>	Quebracho	ohne	96	1	58,1	403	54,2	3,9	23,7	14,6	3,7	16
<b>BS/96T/1</b>	ohne	biologischer	96	1	67,1	389	63,9	3,2	22,1	7,7	3,2	10
<b>M/96T/2</b>	Mimosa	ohne	96	2	57,7	399	53,5	4,1	24,1	14,4	3,9	16
<b>M/96T/3</b>	Mimosa	ohne	96	3	59,7	400	56,1	3,6	25,3	11,6	3,4	14
<b>Q+BS/96T/1</b>	Quebracho	biologischer	96	1	52,5	418	48,9	3,6	25,8	17,7	4,0	18
<b>Q+BS/96T/2</b>	Quebracho	biologischer	96	2	58,8	397	55,0	3,8	25,3	12,8	3,1	14
<b>Q/96T/2</b>	Quebracho	ohne	96	2	55,8	409	52,2	3,6	25,6	14,9	3,7	16
<b>Q/96T/3</b>	Quebracho	ohne	96	3	66,5	373	62,5	4,0	22,6	8,1	2,8	10
<b>BS/96T/2</b>	ohne	biologischer	96	2	66,3	382	62,9	3,4	23,1	7,6	3,0	10
<b>K/96T/3</b>	ohne	ohne	96	3	67,8	387	64,3	3,5	21,4	7,4	3,4	10
<b>Q+CS+BS/96T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	60,7	395	57,3	3,5	24,2	12,1	3,0	13
<b>Q+BS/96T/3</b>	Quebracho	biologischer	96	3	58,0	405	54,4	3,6	23,7	14,5	3,8	16
<b>M/24T/2</b>	Mimosa	ohne	24	2	56,6	398	52,4	4,2	26,1	14,1	3,2	15
<b>M/24T/3</b>	Mimosa	ohne	24	3	55,5	404	51,7	3,8	27,8	13,5	3,2	15
<b>Q/3T/1</b>	Quebracho	ohne	3	1	51,0	391	46,4	4,6	28,4	17,5	3,1	18
<b>Q/3T/2</b>	Quebracho	ohne	3	2	50,2	395	45,6	4,6	28,3	17,9	3,6	19
<b>Q/3T/3</b>	Quebracho	ohne	3	3	48,1	404	43,7	4,4	28,8	19,8	3,3	19
<b>M/24T/1</b>	Mimosa	ohne	24	1	55,4	384	51,1	4,3	26,6	15,0	2,9	15
<b>Q+CS+BS/24T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	24	3	56,2	404	53,1	3,2	25,2	15,2	3,4	16

<b>K/12T/1</b>	ohne	ohne	12	1	63,2	383	59,2	4,0	24,6	9,4	2,8	12
<b>K/12T/2</b>	ohne	ohne	12	2	63,2	381	59,1	4,1	25,0	9,1	2,6	12
<b>K/12T/3</b>	ohne	ohne	12	3	58,4	397	54,7	3,7	26,7	12,0	2,8	13
<b>BS/3T/1</b>	ohne	biologischer	3	1	53,7	414	50,1	3,6	29,1	13,8	3,4	16
<b>BS/3T/2</b>	ohne	biologischer	3	2	53,2	413	49,8	3,4	29,2	14,5	3,1	16
<b>Q+BS/3T/2</b>	Quebracho	biologischer	3	2	49,5	413	45,3	4,1	29,0	18,4	3,2	19
<b>Q+BS/3T/3</b>	Quebracho	biologischer	3	3	48,4	414	44,2	4,2	29,5	18,6	3,5	19
<b>M/3T/1</b>	Mimosa	ohne	3	1	51,2	394	46,4	4,9	28,2	17,4	3,2	18
<b>M/3T/2</b>	Mimosa	ohne	3	2	49,8	402	45,2	4,6	28,5	18,1	3,5	19
<b>M/3T/3</b>	Mimosa	ohne	3	3	48,3	410	44,0	4,3	30,1	17,9	3,7	20
<b>K/3T/1</b>	ohne	ohne	3	1	56,8	399	52,3	4,5	27,2	13,4	2,6	15
<b>K/3T/2</b>	ohne	ohne	3	2	58,2	392	53,7	4,5	25,5	13,5	2,8	15
<b>K/3T/3</b>	ohne	ohne	3	3	54,4	399	50,2	4,2	28,5	14,2	2,9	16
<b>Q+BS/3T/1</b>	Quebracho	biologischer	3	1	47,0	422	43,0	4,0	29,3	20,2	3,5	19
<b>BS/1T/3</b>	ohne	biologischer	1	3	44,5	408	40,0	4,6	31,1	20,8	3,6	21
<b>BS/1T/1</b>	ohne	biologischer	1	1	44,5	397	40,2	4,3	31,5	20,1	3,9	21
<b>BS/1T/2</b>	ohne	biologischer	1	2	44,6	401	40,3	4,3	31,5	20,0	3,9	21
<b>CS+BS/12T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	58,3	404	54,8	3,4	27,0	11,6	3,1	14
<b>CS+BS/12T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	63,7	376	60,1	3,6	25,1	8,6	2,6	11
<b>M/12T/1</b>	Mimosa	ohne	12	1	56,1	384	51,0	5,1	27,0	14,3	2,6	16
<b>M/12T/2</b>	Mimosa	ohne	12	2	55,0	389	50,1	4,9	26,5	15,5	3,0	16
<b>M/12T/3</b>	Mimosa	ohne	12	3	51,9	399	47,2	4,7	27,9	17,2	3,1	18
<b>CS+BS/3T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	1	58,8	399	55,0	3,9	26,8	12,2	2,2	13
<b>BS/3T/3</b>	ohne	biologischer	3	3	57,9	397	54,3	3,6	27,7	11,8	2,6	14
<b>BS/12T/1</b>	ohne	biologischer	12	1	61,1	403	57,3	3,8	26,4	10,1	2,4	13
<b>BS/12T/2</b>	ohne	biologischer	12	2	59,4	410	55,8	3,6	26,5	11,4	2,8	13
<b>BS/12T/3</b>	ohne	biologischer	12	3	58,5	415	54,9	3,6	27,6	11,3	2,6	13
<b>CS+BS/3T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	2	53,9	421	50,1	3,8	28,8	14,7	2,6	15
<b>CS+BS/3T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	3	3	61,9	384	57,3	4,6	25,6	10,5	2,1	12
<b>Q+BS/48T/1</b>	Quebracho	biologischer	48	1	56,8	402	52,6	4,2	26,3	14,0	3,0	16
<b>Q+BS/48T/2</b>	Quebracho	biologischer	48	2	56,9	411	52,8	4,0	25,8	14,1	3,3	16
<b>Q+BS/48T/3</b>	Quebracho	biologischer	48	3	53,4	419	49,6	3,8	26,5	16,4	3,7	17
<b>Q/1T/2</b>	Quebracho	ohne	1	2	37,0	420	32,4	4,6	31,2	27,3	4,4	25
<b>Q/12T/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	51,3	410	47,1	4,2	27,6	17,7	3,4	18
<b>Q+CS+BS/3T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	1	51,9	409	47,9	4,1	27,5	17,3	3,2	18
<b>Q+CS+BS/3T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	2	53,8	399	49,7	4,1	28,2	15,4	2,5	16
<b>Q+CS+BS/3T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	3	3	50,1	416	45,8	4,3	27,6	19,1	3,3	18
<b>Q/12T/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	57,3	394	52,6	4,6	26,0	13,9	2,8	15
<b>Q/12T/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	52,2	405	47,6	4,6	27,4	17,5	2,9	17



<b>Q+BS/1T/1</b>	Quebracho	biologischer	1	1	39,7	419	34,9	4,9	31,6	24,3	4,4	25
<b>Q+BS/1T/2</b>	Quebracho	biologischer	1	2	37,9	426	33,0	4,8	30,8	27,0	4,4	25
<b>Q+BS/1T/3</b>	Quebracho	biologischer	1	3	39,6	431	35,0	4,7	31,1	24,8	4,5	25
<b>Q/1T/1</b>	Quebracho	ohne	1	1	38,7	428	34,1	4,6	30,7	26,0	4,6	26
<b>Q/1T/3</b>	Quebracho	ohne	1	3	38,0	427	33,4	4,6	30,3	26,8	4,9	26
<b>CS+BS/1T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	1	46,0	406	41,5	4,5	29,9	20,6	3,4	20
<b>CS+BS/1T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	2	47,1	412	42,8	4,3	29,1	20,6	3,2	19
<b>CS+BS/1T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	1	3	45,4	412	41,2	4,2	29,8	21,3	3,5	20
<b>Q+CS+BS/12T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	52,3	405	48,6	3,7	27,9	16,9	2,9	17
<b>Q/48T/1</b>	Quebracho	ohne	48	1	63,6	403	59,4	4,2	24,0	9,4	3,1	12
<b>Q/48T/2</b>	Quebracho	ohne	48	2	54,5	417	50,3	4,2	26,5	15,3	3,8	17
<b>Q/48T/3</b>	Quebracho	ohne	48	3	58,8	407	54,5	4,3	24,5	13,5	3,1	15
<b>Q+CS+BS/12T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	53,8	413	50,2	3,6	27,2	16,1	2,9	16
<b>Q+CS+BS/12T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	51,5	419	47,6	3,9	27,7	17,4	3,3	18
<b>BS/48T/1</b>	ohne	biologischer	48	1	66,3	398	62,8	3,5	23,5	7,3	2,9	11
<b>BS/48T/2</b>	ohne	biologischer	48	2	65,1	405	61,9	3,2	23,7	8,1	3,1	12
<b>M/48T/1</b>	Mimosa	ohne	48	1	58,1	399	53,4	4,6	24,2	14,0	3,7	17
<b>M/48T/2</b>	Mimosa	ohne	48	2	58,9	400	54,6	4,4	25,2	12,6	3,3	15
<b>M/48T/3</b>	Mimosa	ohne	48	3	57,2	410	53,0	4,2	25,7	13,4	3,7	16
<b>K/1T/1</b>	ohne	ohne	1	1	47,0	409	42,4	4,6	29,7	19,9	3,4	20
<b>K/1T/2</b>	ohne	ohne	1	2	46,1	405	41,3	4,8	30,5	19,8	3,6	20
<b>K/1T/3</b>	ohne	ohne	1	3	47,9	407	43,1	4,7	29,6	19,0	3,5	20
<b>BS/48T/3</b>	ohne	biologischer	48	3	63,8	404	60,7	3,1	24,3	9,0	3,0	11
<b>Q+CS+BS/48T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	3	53,5	430	49,8	3,6	25,0	17,6	3,9	18
<b>M/1T/1</b>	Mimosa	ohne	1	1	39,5	430	34,9	4,6	29,2	27,1	4,2	24
<b>M/1T/2</b>	Mimosa	ohne	1	2	38,2	441	33,7	4,6	29,2	27,7	4,9	27
<b>M/1T/3</b>	Mimosa	ohne	1	3	39,8	428	35,2	4,6	29,3	26,3	4,6	25
<b>Q+CS+BS/48T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	1	59,2	413	55,5	3,7	25,1	13,1	2,6	15
<b>Q+CS+BS/48T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	48	2	58,6	417	54,6	4,0	24,1	13,8	3,5	16
<b>M/6T/1</b>	Mimosa	ohne	6	1	51,9	415	47,6	4,3	27,5	17,3	3,3	18
<b>M/6T/2</b>	Mimosa	ohne	6	2	52,1	405	47,1	5,0	27,4	17,1	3,4	19
<b>M/6T/3</b>	Mimosa	ohne	6	3	53,6	406	49,0	4,6	27,6	15,4	3,4	18
<b>Q/6T/1</b>	Quebracho	ohne	6	1	52,9	410	48,1	4,8	27,0	17,0	3,1	18
<b>Q/6T/2</b>	Quebracho	ohne	6	2	52,5	405	47,6	5,0	27,2	17,0	3,2	18
<b>K/48T/1</b>	ohne	ohne	48	1	67,5	406	64,1	3,4	22,0	7,6	2,9	11
<b>K/48T/2</b>	ohne	ohne	48	2	70,1	380	66,3	3,8	21,3	6,0	2,6	9
<b>K/48T/3</b>	ohne	ohne	48	3	65,4	401	62,0	3,4	23,3	8,5	2,9	11
<b>CS+BS/48T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	1	64,8	396	61,5	3,3	24,0	8,7	2,5	10
<b>Q/6T/3</b>	Quebracho	ohne	6	3	50,4	422	46,4	3,9	28,5	17,2	3,9	19

<b>Q+CS+BS/6T/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	1	51,8	422	48,1	3,6	27,7	17,2	3,3	18
<b>Q+CS+BS/6T/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	2	52,1	415	48,2	3,8	26,7	18,2	3,1	17
<b>Q+CS+BS/6T/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	6	3	53,6	411	50,0	3,6	26,9	16,6	2,8	16
<b>CS+BS/48T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	2	67,4	394	64,3	3,1	22,6	7,6	2,4	9
<b>CS+BS/48T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	48	3	69,6	382	66,0	3,6	21,2	6,7	2,5	9
<b>BS/6T/1</b>	ohne	biologischer	6	1	56,7	420	53,0	3,7	27,4	13,0	2,9	15
<b>BS/6T/2</b>	ohne	biologischer	6	2	56,4	417	52,7	3,7	27,6	13,4	2,6	15
<b>BS/6T/3</b>	ohne	biologischer	6	3	58,4	407	54,7	3,7	27,1	12,0	2,5	14
<b>Q+BS/6T/2</b>	Quebracho	biologischer	6	2	49,8	423	45,9	3,9	28,0	18,9	3,3	18
<b>Q+BS/6T/3</b>	Quebracho	biologischer	6	3	49,2	431	45,4	3,9	28,7	18,7	3,4	18
<b>Q+BS/6T/1</b>	Quebracho	biologischer	6	1	49,9	419	45,6	4,3	28,7	18,2	3,1	19
<b>CS+BS/6T/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	1	58,2	408	54,7	3,5	26,7	12,7	2,5	14
<b>CS+BS/6T/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	2	59,6	399	56,1	3,5	26,3	11,8	2,4	13
<b>CS+BS/6T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	6	3	58,1	421	55,0	3,1	26,2	12,6	3,1	15
<b>K/6T/1</b>	ohne	ohne	6	1	59,0	384	54,8	4,2	24,8	13,1	3,1	15
<b>K/6T/2</b>	ohne	ohne	6	2	59,7	397	55,7	4,0	25,8	11,7	2,8	14
<b>K/6T/3</b>	ohne	ohne	6	3	58,0	397	54,3	3,8	26,7	12,3	3,0	14
<b>CS+BS/12T/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	60,5	409	57,4	3,2	25,5	11,3	2,7	13
<b>M/12/1</b>	Mimosa	ohne	12	1	33,0	446	28,3	4,6	30,8	31,1	5,2	29
<b>M/12/3</b>	Mimosa	ohne	12	3	34,5	430	29,7	4,8	31,2	29,5	4,7	27
<b>Q/12/1</b>	Quebracho	ohne	12	1	33,4	436	28,8	4,6	31,6	30,5	4,5	27
<b>Q/12/2</b>	Quebracho	ohne	12	2	32,7	439	28,2	4,6	31,9	30,8	4,6	28
<b>Q/12/3</b>	Quebracho	ohne	12	3	32,2	429	27,6	4,6	32,8	30,1	4,9	28
<b>M/12/2</b>	Mimosa	ohne	12	2	33,8	409	27,4	6,4	31,2	29,4	5,6	29
<b>BS/12/1</b>	ohne	biologischer	12	1	37,1	395	31,5	5,7	32,4	25,6	4,9	26
<b>Q+BS/12/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	32,6	418	26,5	6,1	30,9	31,1	5,3	29
<b>Q+BS/12/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	33,3	418	27,5	5,8	31,1	30,2	5,4	29
<b>Q+BS/12/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	33,7	413	28,1	5,6	31,8	29,2	5,3	28
<b>BS/12/2</b>	ohne	biologischer	12	2	38,5	396	32,5	6,0	32,9	24,3	4,4	25
<b>BS/12/3</b>	ohne	biologischer	12	3	38,2	397	32,4	5,8	32,6	24,7	4,5	25
<b>CS+BS/12/1</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	1	44,0	394	38,2	5,9	31,3	21,2	3,5	22
<b>CS+BS/12/2</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	2	44,7	392	39,1	5,6	31,3	20,6	3,3	21
<b>CS+BS/12/3</b>	ohne	Kombinationsprodukt	12	3	43,8	389	38,1	5,7	31,3	21,3	3,5	22
<b>Q+CS+BS/ 96T/, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	1	54,4	458	50,3	4,1	26,2	15,5	3,9	17
<b>Q+CS+BS/ 96T/2, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	2	55,7	447	51,5	4,1	26,2	14,1	3,9	17
<b>Q+CS+BS/ 96T/3, 60°</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	96	3	55,5	444	51,7	3,8	26,5	13,9	4,1	16

<b>BS/96T/1, 60°</b>	ohne	biologischer	96	1	63,1	447	58,9	4,2	24,5	8,6	3,8	13
<b>BS/96T/2, 60°</b>	ohne	biologischer	96	2	61,6	436	57,8	3,8	26,1	8,5	3,8	13
<b>BS/96T/3, 60°</b>	ohne	biologischer	96	3	63,1	448	59,6	3,5	25,7	7,7	3,5	12
<b>M/96T/1, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	1	57,3	436	51,7	5,6	26,1	12,7	3,9	17
<b>M/96T/2, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	2	55,5	464	50,7	4,8	24,7	15,8	4,1	17
<b>M/96T/3, 60°</b>	Mimosa	ohne	96	3	56,8	456	52,5	4,2	26,7	12,7	3,8	16
<b>K/12/1</b>	ohne	ohne	12	1	37,9	384	31,6	6,3	33,3	24,5	4,3	24
<b>K/12/2</b>	ohne	ohne	12	2	37,4	386	31,3	6,1	33,3	24,8	4,5	25
<b>K/12/3</b>	ohne	ohne	12	3	36,9	388	30,8	6,1	33,3	25,2	4,5	25
<b>Q+CS+BS/12/1</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	1	34,2	409	28,5	5,8	31,1	29,9	4,7	27
<b>Q+CS+BS/12/2</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	2	37,3	415	30,5	6,8	31,0	27,2	4,6	26
<b>Q+CS+BS/12/3</b>	Quebracho	Kombinationsprodukt	12	3	37,4	411	30,7	6,7	30,5	27,7	4,4	25
<b>Q+BS/12T/1</b>	Quebracho	biologischer	12	1	54,5	422	49,6	4,9	26,8	14,6	4,1	18
<b>Q+BS/12T/2</b>	Quebracho	biologischer	12	2	52,5	421	48,0	4,6	27,5	15,8	4,1	18
<b>Q+BS/12T/3</b>	Quebracho	biologischer	12	3	50,1	428	45,5	4,6	28,2	17,4	4,3	19

\* Grobfutter

**Tabelle 80: Angaben zu den Verschwindensrate des Rohproteins (in %) während der *in-situ*-Versuche über einen Zeitraum von bis zu 48 Stunden, kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016)**

Probenbezeichnung	Verschwindensraten des Rohproteins [ % ]						
	t [ h ]						
	0	2	4	8	16	24	48
Kontrolle Start	3,77	15,12	25,32	23,02	75,27	84,72	85,97
Kontrolle Start	3,77	16,30	27,38	34,53	82,71	86,46	92,41
Kontrolle Start	3,77	17,10	21,32	27,49	63,70	72,11	91,74
Mimosa Start	-0,34	6,04	9,15	13,11	64,36	66,65	80,72
Mimosa Start	-0,34	5,56	14,65	27,96	66,19	72,12	87,52
Mimosa Start	-0,34	5,63	5,14	11,95	44,22	62,56	86,32
Quebracho Start	-6,12	7,16	10,93	21,16	66,96	72,11	80,14
Quebracho Start	-6,12	5,40	15,91	24,55	79,23	79,60	89,34
Quebracho Start	-6,12	8,59	10,07	16,32	55,36	62,03	88,54
Kontrolle 96 Tage	45,91	61,02	64,03	68,80	92,39	91,99	91,35
Kontrolle 96 Tage	45,91	60,36	60,88	73,85	91,32	93,43	94,50
Kontrolle 96 Tage	45,91	60,82	62,15	65,15	87,13	87,61	92,86
Mimosa 96 Tage	35,86	45,60	48,18	50,33	88,61	89,12	90,95
Mimosa 96 Tage	35,86	47,64	47,12	67,62	85,89	91,50	93,85
Mimosa 96 Tage	35,86	44,66	46,70	53,47	82,72	81,32	88,28
Quebracho 96 Tage	40,21	48,29	52,43	57,99	91,24	89,12	91,49
Quebracho 96 Tage	40,21	48,51	54,55	69,65	89,37	90,40	94,04
Quebracho 96 Tage	40,21	51,10	50,78	56,45	86,10	85,95	91,11

**Tabelle 81: Angaben zu den Verschwindensrate der Trockenmasse (in %) während der *in situ*-Versuche über einen Zeitraum von 48 Stunden (h), kalkuliert auf Basis der Vorschriften des Ringversuchs „1b“ (persönliche Mitteilung von SÜDEKUM 2016)**

Probenbezeichnung	Verschwindensraten der TM [ % ]						
	t [ h ]						
	0	2	4	8	16	24	48
Kontrolle Start	21,79	34,33	42,22	44,70	79,81	84,56	87,04
Kontrolle Start	21,79	34,72	41,93	56,72	83,69	86,42	90,64
Kontrolle Start	21,79	36,09	39,58	46,13	70,85	76,44	90,83
Mimosa Start	22,89	30,68	37,94	40,40	75,55	75,82	83,50
Mimosa Start	22,89	31,24	37,86	54,18	75,60	79,43	88,30
Mimosa Start	22,89	31,89	33,84	39,35	61,09	73,77	87,86
Quebracho Start	18,71	32,82	37,55	47,12	77,22	79,44	83,87
Quebracho Start	18,71	30,52	39,16	51,79	84,51	84,45	89,63
Quebracho Start	18,71	32,87	35,68	39,77	67,26	73,20	89,52
Kontrolle 96 Tage	32,65	45,84	52,58	59,53	84,96	85,56	87,26
Kontrolle 96 Tage	32,65	44,84	47,49	64,72	82,60	86,83	90,34
Kontrolle 96 Tage	32,65	48,35	51,01	53,20	77,86	79,04	89,71
Mimosa 96 T	31,39	40,67	49,04	48,33	82,53	83,69	85,76
Mimosa 96 T	31,39	40,05	43,95	63,74	79,32	86,33	89,54
Mimosa 96 T	31,39	41,45	44,81	49,76	76,46	76,29	86,75
Quebracho 96 Tage	33,05	41,75	51,12	54,59	85,51	81,67	89,32
Quebracho 96 Tage	33,05	40,19	48,80	65,40	82,40	86,09	90,40
Quebracho 96 Tage	33,05	44,58	44,88	52,09	78,51	78,98	88,99

## 10.3.2 Anhang – Ergebnisse aus den Silierversuchen mit Luzerne (Jahr 2013)

**Tabelle 82: Ergebnisse der Analyse der ausgewählter Gärsäuren in den Luzernesilagen aller Siliervarianten, über alle Öffnungstage sowie der Wiederholungen in Abhängigkeit von der Trockenmassestufen**

Tag	TM-Stufe	Tannin-haltiges Pflanzen-extrakt	Menge des zugesetzten Extraktes (in %)	TM [g/kg]	Milch-säure [%/ kg TM]	Essigsäure [%/kg TM]	Propion-säure [%/kg TM]	Iso-Butter-säure [%/kg TM]	n- Butter-säure [%/kg TM]	Iso-Valerian-säure [%/kg TM]	n- Valerian-säure [%/kg TM]	Ameisen-säure [%/kg TM]
3	25	Kontrolle	0	344	4,66	1,43	0	0	0	0	0	0,07
3	25	Kontrolle	0	336	4,88	1,45	0	0	0	0	0	0
3	25	Kontrolle	0	343	5,05	1,47	0	0	0	0	0	0,05
3	25	Mimosa	0,5	343	3,49	1,49	0	0	0	0	0	0
3	25	Mimosa	0,5	346	3,53	1,32	0	0	0	0	0	0
3	25	Mimosa	0,5	355	4,41	1,97		0	0	0	0	0
3	25	Mimosa	1,5	368	3,60	1,58	0	0	0	0	0	0,05
3	25	Mimosa	1,5	369	3,23	1,48	0	0	0	0	0	0,07
3	25	Mimosa	1,5	376	3,57	1,62	0	0	0	0	0	0
3	25	Mimosa	3	367	3,22	1,86	0	0	0	0	0	0,06
3	25	Mimosa	3	366	3,14	1,59	0	0	0	0	0	0,07
3	25	Mimosa	3	370	3,12	1,56	0	0	0	0	0	0,05
3	25	Quebracho	0,5	365	4,19	1,45	0	0	0	0	0	0,06
3	25	Quebracho	0,5	366	4,17	1,47	0	0	0	0	0	0,06
3	25	Quebracho	0,5	368	5,11	1,48	0	0	0	0	0	0
3	25	Quebracho	1,5	368	3,71	1,85	0	0	0	0	0	0
3	25	Quebracho	1,5	377	4,37	2,03	0	0	0	0	0	0
3	25	Quebracho	1,5	375	3,81	1,51	0	0	0	0	0	0
3	25	Quebracho	3	396	3,97	1,90	0,35	0	0,40	0	0	0
3	25	Quebracho	3	385	3,96	1,83	0,26	0	0,41	0	0	0,01
3	25	Quebracho	3	390	4,19	2,02	0	0	0	0	0	0
10	25	Kontrolle	0	337	6,60	1,64	0	0	0	0	0	0
10	25	Kontrolle	0	390	5,65	1,52	0	0	0	0	0	0
10	25	Kontrolle	0	454	5,03	1,20	0	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	0,5	362	5,23	1,47	0	0	0	0	0	0

10	25	Mimosa	0,5	384	5,36	1,59	0	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	0,5	372	5,11	1,38	0	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	354	4,52	1,80	0,05	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	357	4,66	1,78	0	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	358	4,64	1,76	0,06	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	3	368	4,60	2,01	0,07	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	3	365	4,82	1,75	0,08	0	0	0	0	0
10	25	Mimosa	3	373	4,04	1,56	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	0,5	352	6,49	1,78	0,05	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	0,5	358	5,96	1,50	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	0,5	410	5,06	1,25	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	361	5,36	1,78	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	382	4,98	1,39	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	361	5,41	1,54	0,05	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	3	352	3,71	0,90	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	3	399	4,34	1,39	0	0	0	0	0	0
10	25	Quebracho	3	391	5,55	1,65	0	0	0	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	351	7,52	2,06	0	0	0	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	348	7,69	2,15	0	0	0	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	352	8,48	2,00	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	0,5	373	3,90	1,96	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	0,5	357	6,42	2,26	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	0,5	350	5,86	1,67	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	1,5	353	4,93	2,27	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	1,5	350	4,94	2,22	0	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	1,5	352	6,27	2,12	0,20	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	3	371	5,06	2,16	0,11	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	3	359	5,45	2,26	0,11	0	0	0	0	0
49	25	Mimosa	3	351	5,77	2,57	0,10	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	0,5	357	7,59	1,88	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	0,5	361	7,28	1,85	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	0,5	356	8,10	1,96	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	1,5	367	6,64	1,93	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	1,5	370	7,84	1,96	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	1,5	354	7,34	2,27	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	3	410	6,10	1,71	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	3	406	6,14	1,50	0	0	0	0	0	0
49	25	Quebracho	3	385	5,86	1,93	0	0	0	0	0	0
90	25	Kontrolle	0	362	8,35	2,14	0	0	0	0	0	0,02

90	25	Kontrolle	0	359	8,70	2,44	0,14	0	0	0	0	0
90	25	Kontrolle	0	355	7,38	2,53	0,17	0	0	0	0	0,07
90	25	Farmatan	3	368	6,19	2,14	0,10	0	0	0	0	0,05
90	25	Farmatan	3	363	5,86	2,33	0,13	0	0	0	0	0,05
90	25	Farmatan	3	366	6,74	2,35	0	0	0	0	0	0,02
90	25	Farmatan	3	364	6,50	2,31	0,08	0	0	0	0	0,09
90	25	Hornklee	0	286	3,94	1,81	0	0	0	0	0	0,10
90	25	Hornklee	0	291	5,35	1,51	0	0	0,03	0	0	0
90	25	Hornklee	0	295	5,68	1,29	0	0	0	0	0	0,10
90	25	Mimosa	0,5	220	5,87	2,01	0	0	0	0	0	0
90	25	Mimosa	0,5	356	7,44	2,62	0,22	0	0	0	0	0,06
90	25	Mimosa	0,5	359	6,56	2,30	0	0	0	0	0	0,04
90	25	Mimosa	1,5	366	4,62	2,86	0	0	0	0	0	0,08
90	25	Mimosa	1,5	357	6,04	2,38	0,17	0	0	0	0	0,03
90	25	Mimosa	1,5	359	6,35	2,54	0	0	0	0	0	0,08
90	25	Mimosa	3	349	6,06	2,56	0,22	0	0	0	0	0,05
90	25	Mimosa	3	250	3,86	1,67	0	0	0	0	0	0
90	25	Mimosa	3	219	3,03	1,31	0	0	0	0	0	0
90	25	Quebracho	0,5	350	9,15	2,39	0,20	0	0	0	0	0
90	25	Quebracho	0,5	363	7,28	2,55	0	0	0	0	0	0,07
90	25	Quebracho	0,5	356	7,26	2,71	0,23	0	0	0	0	0
90	25	Quebracho	1,5	368	7,78	2,35	0,17	0	0	0	0	0
90	25	Quebracho	1,5	370	7,09	2,22	0	0	0	0	0	0,02
90	25	Quebracho	1,5	370	7,38	2,30	0,19	0	0	0	0	0,04
90	25	Quebracho	3	406	6,45	1,91	0,11	0	0	0	0	0
90	25	Quebracho	3	381	4,45	2,70	0,31	0	0	0	0	0,04
90	25	Quebracho	3	372	6,02	1,98	0	0	0	0	0	0
180	25	Kontrolle	0	350	10,19	2,75	0	0	0	0	0	0
180	25	Kontrolle	0	350	8,97	2,45	0	0	0	0	0	0
180	25	Kontrolle	0	348	8,27	2,40	0	0	0	0	0	0
180	25	Kontrolle	0	350	6,51	3,06	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	0,5	357	6,06	2,48	0,15	0	0,09	0	0	0
180	25	Mimosa	0,5	350	7,46	2,70	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	0,5	341	6,41	2,72	0	0	0	0	0	0,08
180	25	Mimosa	0,5	337	5,87	2,84	0,19	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	1,5	345	6,47	3,01	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	1,5	350	6,44	2,57	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	1,5	347	4,65	2,69	0,21	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	1,5	352	4,98	2,78	0	0	0	0	0	0

180	25	Mimosa	3	364	4,23	2,62	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	3	343	3,96	2,73	0	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	3	343	4,63	2,59	0,20	0	0	0	0	0
180	25	Mimosa	3	346	4,45	2,42	0,19	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	0,5	343	7,99	2,52	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	0,5	360	6,55	3,20	0,23	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	0,5	359	6,75	3,00	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	0,5	350	5,87	3,29	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	1,5	360	7,45	2,48	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	1,5	368	7,36	2,37	0	0	0	0	0	0,06
180	25	Quebracho	1,5	372	7,48	2,39	0	0	0	0	0	0,07
180	25	Quebracho	1,5	353	7,47	2,46	0,23	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	3	407	6,55	1,89	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	3	362	3,41	3,06	0,21	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	3	363	3,49	3,26	0	0	0	0	0	0
180	25	Quebracho	3	396	5,44	2,35	0,12	0	0	0	0	0
3	35	Kontrolle	0	419	5,36	1,74	0	0	0,07	0	0	0
3	35	Kontrolle	0	445	5,34	1,49	0,07	0	0,07	0	0	0
3	35	Kontrolle	0	452	5,11	1,80	0,08	0	0	0	0	0
3	35	Mimosa	0,5	391	4,97	1,70	0	0	0	0	0	0
3	35	Mimosa	0,5	398	4,43	1,77	0,50	0	0,42	0	0	0,04
3	35	Mimosa	0,5	389	5,32	1,68	0,08	0	0	0	0	0
3	35	Mimosa	1,5	401	4,16	2,06	0,09	0	0,07	0	0	0
3	35	Mimosa	1,5	394	4,09	2,02	0	0	0	0	0	0,09
3	35	Mimosa	1,5	410	4,36	1,77	0	0	0,07	0	0	0
3	35	Mimosa	3	402	3,71	2,06	0,09	0	0,07	0	0	0,08
3	35	Mimosa	3	404	3,71	1,43	0,32	0	0	0	0	0
3	35	Mimosa	3	405	3,69	1,73	0	0	0	0	0	0,07
3	35	Quebracho	0,5	469	4,71	1,69	0,08	0	0,06	0	0	0
3	35	Quebracho	0,5	430	5,08	1,58	0,08	0	0	0	0	0
3	35	Quebracho	0,5	411	3,39	1,66	0	0	0	0	0	0
3	35	Quebracho	1,5	475	3,84	0,66	0	0	0	0	0	0
3	35	Quebracho	1,5	481	4,92	1,52	0	0	0,06	0	0	0
3	35	Quebracho	1,5	464	4,54	0,93	0	0	0	0	0	0
3	35	Quebracho	3	505	4,64	1,61	0,07	0	0,06	0	0	0
3	35	Quebracho	3	499	3,02	0,66	0	0	0	0	0	0
3	35	Quebracho	3	499	4,80	1,44	0	0	0	0	0	0,05
10	35	Kontrolle	0	412	7,77	1,56	0,04	0	0	0	0	0
10	35	Kontrolle	0	418	5,57	1,24	0	0	0	0	0	0



10	35	Kontrolle	0	430	6,34	1,27	0	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	0,5	452	5,09	1,14	0,05	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	0,5	447	6,36	1,12	0	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	0,5	455	5,63	1,28	0,41	0	0,42	0	0	0
10	35	Mimosa	1,5	390	5,88	1,59	0	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	1,5	399	5,59	1,88	0,32	0	0,27	0	0	0
10	35	Mimosa	1,5	394	5,42	1,81	0,47	0	0,40	0	0	0
10	35	Mimosa	3	396	5,59	1,69	0	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	3	401	6,07	1,67	0	0	0	0	0	0
10	35	Mimosa	3	398	5,23	1,90	0	0	0,07	0	0	0
10	35	Quebracho	0,5	463	6,71	1,03	0,03	0	0	0	0	0
10	35	Quebracho	0,5	465	5,52	1,13	0	0	0	0	0	0
10	35	Quebracho	0,5	474	6,40	1,14	0,23	0	0,44	0	0	0
10	35	Quebracho	1,5	479	5,32	0,85	0	0	0	0	0	0
10	35	Quebracho	1,5	479	5,47	0,96	0,04	0	0	0	0	0
10	35	Quebracho	3	509	4,32	1,13	0,58	0	0,34	0	0	0,01
10	35	Quebracho	3	500	5,90	0,96	0	0	0,06	0	0	0
10	35	Quebracho	3	499	4,43	0,58	0	0	0	0	0	0
10	35	Quebracho	3	496	5,19	0,62	0	0	0	0	0	0
49	35	Kontrolle	0	409	5,33	1,58	0	0	0	0	0	0
49	35	Kontrolle	0	408	8,06	1,83	0	0	0	0	0	0
49	35	Kontrolle	0	439	8,43	1,43	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	0,5	449	6,97	1,21	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	0,5	381	7,71	1,80	0,05	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	0,5	392	7,46	1,80	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	1,5	384	7,24	1,76	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	1,5	390	8,01	2,10	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	1,5	380	7,52	1,74	0	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	3	392	7,31	2,12	0,04	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	3	394	7,26	2,04	0,05	0	0	0	0	0
49	35	Mimosa	3	394	7,07	1,73	0,10	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	0,5	421	7,71	1,64	0,03	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	0,5	422	7,96	1,59	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	0,5	422	8,29	1,63	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	1,5	453	7,03	1,28	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	1,5	429	7,88	1,61	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	1,5	425	7,32	1,44	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	3	491	6,34	0,92	0	0	0	0	0	0
49	35	Quebracho	3	491	6,44	1,09	0	0	0	0	0	0

49	35	Quebracho	3	507	6,09	0,93	0,04	0	0,06	0	0	0
90	35	Kontrolle	0	413	8,29	1,82	0	0	0	0	0	0
90	35	Kontrolle	0	382	8,64	1,87	0	0	0	0	0	0
90	35	Kontrolle	0	421	8,65	1,92	0	0	0	0	0	0
90	35	Farmatan	3	401	7,01	1,87	0,07	0	0	0	0	0
90	35	Farmatan	3	403	6,96	1,80	0	0	0	0	0	0
90	35	Farmatan	3	402	6,70	1,60	0	0	0	0	0	0
90	35	Farmatan	3	402	6,76	1,65	0	0	0	0	0	0
90	35	Hornklee	0	482	1,11	0	0	0	0	0	0	0
90	35	Hornklee	0	434	1,30	0,33	0	0	0	0	0	0
90	35	Hornklee	0	439	1,23	0	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	0,5	449	7,99	1,47	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	0,5	387	7,36	1,84	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	0,5	388	6,91	1,88	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	1,5	384	7,40	2,07	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	1,5	385	6,88	1,94	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	1,5	386	8,04	2,54	0,11	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	3	404	6,11	1,85	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	3	395	6,13	1,90	0	0	0	0	0	0
90	35	Mimosa	3	396	6,76	1,97	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	0,5	456	7,08	1,43	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	0,5	464	7,05	1,42	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	0,5	271	11,91	2,30	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	1,5	470	7,25	1,20	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	1,5	470	6,98	1,08	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	1,5	484	6,42	1,08	0	0	0	0	0	0,04
90	35	Quebracho	3	489	5,33	0,98	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	3	474	4,28	0,77	0	0	0	0	0	0
90	35	Quebracho	3	486	6,15	1,10	0	0	0	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	413	8,89	1,83	0	0	0	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	414	7,39	1,62	0	0	0	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	435	7,96	1,51	0	0	0	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	445	7,47	1,42	0	0	0	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	453	7,30	1,66	0	0	0,06	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	449	5,88	1,32	0	0	0	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	434	7,57	1,54	0	0	0	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	380	8,52	2,20	0	0	0	0	0	0
180	35	Mimosa	1,5	384	8,09	2,26	0	0	0	0	0	0
180	35	Mimosa	1,5	392	8,23	2,18	0	0	0	0	0	0

<b>180</b>	35	Mimosa	1,5	385	8,47	2,33	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Mimosa	1,5	392	7,97	2,08	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Mimosa	3	392	7,50	2,23	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Mimosa	3	393	7,61	2,17	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Mimosa	3	393	0,90	2,53	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Mimosa	3	394	9,01	2,58	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	0,5	457	6,68	1,44	0,10	0	0,37	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	0,5	432	8,07	1,58	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	0,5	443	7,62	1,41	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	0,5	420	7,40	1,73	0	0	0	0	0	0,04
<b>180</b>	35	Quebracho	1,5	427	8,10	1,71	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	1,5	416	7,00	1,64	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	3	478	6,24	1,16	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	3	499	6,90	0,98	0	0	0	0	0	0
<b>180</b>	35	Quebracho	3	479	7,73	1,35	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 83: Rohnährstoffgehalte, HFT, pH-Wert und Ammoniakstickstoff (NH<sub>3</sub>-N) der Luzernesilagen über alle Öffnungszeiträume (bis zum 180 Siliertag) – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen**

Probe -Nr	Tag	TM- Stufe	Tanninhaltiges Pflanzen- extrakt	Menge des zugesetzten Extraktes	Trocken- substanz [g/kg]	Rohasche [g/kg TM]	Roh- protein [g/kg TM]	Rohfaser [g/kg TM]	Rohfett [g/kg TM]	Zucker [g/kg TM]	HFT [ml/200 mg]	pH- Wert	NH <sub>3</sub> - N [%]
1	10	25	Kontrolle	0	337	188	155	294	20	0		4,9	10,9
2	3	25	Kontrolle	0	344	195	156	231	25	0	33,3	5,1	5,3
3	3	25	Kontrolle	0	336	202	166	256	22	2	34,0	5,1	5,3
4	10	25	Kontrolle	0	390	194	163	256	27	0		5,0	8,0
5	3	25	Kontrolle	0	343	202	157	247	23	0	32,3	5,1	4,7
6	49	25	Kontrolle	0	351	202	157	269	33	0	0,0	4,8	7,9
7	90	25	Kontrolle	0	362	192	157	274	29	0		4,7	14,0
8	49	25	Kontrolle	0	348	179	159	266	31	0		4,8	11,8
9	180	25	Kontrolle	0	350	182	162	253	34	0		4,7	15,6
10	180	25	Kontrolle	0	350	191	161	268	32	0		4,6	15,8
11	49	25	Kontrolle	0	352	187	153	281	30	0		4,8	12,4
12	180	25	Kontrolle	0	348	206	161	238	39	0	35,5	4,7	14,1
13	180	25	Kontrolle	0	350	210	161	272	31	0		4,7	12,5
14	90	25	Kontrolle	0	359	211	160	260	34	0		4,7	13,5
15	90	25	Kontrolle	0	355	196	147	265	32	0		4,8	14,7
16	10	25	Kontrolle	0	454	206	153	330	15	0		4,8	8,4
17	90	25	Quebracho	0,5	350	191	166	243	38	0	30,5	4,8	14,0
18	180	25	Quebracho	0,5	343	197	158	276	30	0		4,7	15,9
19	10	25	Quebracho	0,5	352	177	158	273	24	0		5,0	10,4
20	49	25	Quebracho	0,5	357	190	153	233	35	3		4,9	11,4
21	3	25	Quebracho	0,5	365	193	172	241	23	13	36,1	5,2	4,3
22	10	25	Quebracho	0,5	358	188	154	254	24	0		5,0	9,8
23	49	25	Quebracho	0,5	361	192	158	269	28	0		4,7	10,2
24	3	25	Quebracho	0,5	366	204	168	224	23	14	34,7	5,3	4,1
25	3	25	Quebracho	0,5	368	204	163	245	22	0	35,6	5,2	3,9
26	10	25	Quebracho	0,5	410	187	156	254	26	0		5,0	8,9
27	180	25	Quebracho	0,5	360	177	152	291	28	0		5,0	16,0
28	49	25	Quebracho	0,5	356	189	155	271	29	0		4,8	11,4
29	180	25	Quebracho	0,5	359	187	158	279	32	0		4,9	15,5
30	90	25	Quebracho	0,5	363	201	148	244	37	0	31,1	4,8	17,1
31	90	25	Quebracho	0,5	356	187	157	258	32	0		4,8	14,5

32	180	25	Quebracho	0,5	350	193	145	245	35	0		5,0	16,6
33	90	25	Quebracho	1,5	368	196	163	270	30	0		4,7	12,5
34	90	25	Quebracho	1,5	370	189	166	263	30	0		4,7	13,4
35	180	25	Quebracho	1,5	360	187	168	293	29	0		4,7	14,8
36	3	25	Quebracho	1,5	368	190	155	250	22	10		5,3	5,4
37	180	25	Quebracho	1,5	368	202	163	263	33	0	33,9	4,7	13,2
38	180	25	Quebracho	1,5	372	183	154	268	32	0	30,7	4,7	14,3
39	3	25	Quebracho	1,5	377	204	161	259	20	0	34,7	5,3	4,1
40	49	25	Quebracho	1,5	367	192	161	264	28	0		4,8	10,6
41	49	25	Quebracho	1,5	370	186	163	264	29	0		4,8	8,4
42	10	25	Quebracho	1,5	361	193	150	266	23	0	32,1	5,0	8,5
43	90	25	Quebracho	1,5	370	186	162	254	36	0		4,8	12,9
44	10	25	Quebracho	1,5	382	197	158	225	28	0		5,1	9,9
45	180	25	Quebracho	1,5	353	167	147	266	32	0		4,8	9,0
46	3	25	Quebracho	1,5	375	196	152	252	21	13	36,6	5,2	4,6
47	10	25	Quebracho	1,5	361	182	158	252	25	0		5,0	10,0
48	49	25	Quebracho	1,5	354	185	152	254	31	0		4,7	10,7
49	10	25	Quebracho	3	352	184	139	290	18	10		4,9	4,5
50	49	25	Quebracho	3	410	172	154	284	25	4	0,0	4,8	9,1
51	180	25	Quebracho	3	407	187	156	270	28	0		4,7	12,8
52	49	25	Quebracho	3	406	171	162	272	26	10		4,7	6,6
53	180	25	Quebracho	3	362	200	159	283	30	0		4,8	15,8
54	90	25	Quebracho	3	406	163	169	256	29	0		4,7	10,1
55	90	25	Quebracho	3	381	216	144	262	30	0		5,1	15,1
56	180	25	Quebracho	3	363	222	153	260	32	0		5,1	16,0
57	3	25	Quebracho	3	396	189	160	236	21	26		5,3	3,8
58	49	25	Quebracho	3	385	187	156	260	29	6	0,0	4,9	8,0
59	3	25	Quebracho	3	385	203	155	247	24	9	30,9	5,3	4,9
60	10	25	Quebracho	3	399	203	147	267	22	3		5,1	9,3
61	3	25	Quebracho	3	390	189	162	237	22	13	35,0	5,3	4,0
62	90	25	Quebracho	3	372	197	160	237	33	0	34,2	4,9	12,2
63	10	25	Quebracho	3	391	188	139	271	22	9		5,0	8,1
64	180	25	Quebracho	3	396	175	144	254	32	2		5,0	13,4
65	90	25	Mimosa	0,5	220	187	161	264	32	0	27,9	4,9	16,5
66	90	25	Mimosa	0,5	356	199	150	283	30	0		4,9	16,3
67	10	25	Mimosa	0,5	362	207	145	220	28	0		5,1	5,4
68	49	25	Mimosa	0,5	373	200	154	264	29	0		4,9	9,4

69	10	25	Mimosa	0,5	384	235	147	309	18	0		5,0	7,5
70	49	25	Mimosa	0,5	357	211	157	255	29	0		4,8	11,5
71	49	25	Mimosa	0,5	350	205	166	243	33	0		4,9	8,7
72	10	25	Mimosa	0,5	372	216	157	290	18	0		5,0	6,6
73	180	25	Mimosa	0,5	357	204	157	262	32	0		4,9	15,3
74	90	25	Mimosa	0,5	359	196	166	264	28	0		4,9	13,2
75	180	25	Mimosa	0,5	350	195	160	261	32	0		4,8	13,0
76	3	25	Mimosa	0,5	343	202	165	244	22	12	34,1	5,2	4,4
77	180	25	Mimosa	0,5	341	213	150	267	32	0	31,5	4,9	15,2
78	180	25	Mimosa	0,5	337	192	160	289	29	0		4,8	15,4
79	3	25	Mimosa	0,5	346	194	154	259	21	2	33,9	5,3	4,7
80	3	25	Mimosa	0,5	355	186	153	239	21	4	36,5	5,3	4,9
81	49	25	Mimosa	1,5	353	183	144	252	30	0		5,0	16,2
82	90	25	Mimosa	1,5	366	205	165	262	32	0		5,1	12,2
83	3	25	Mimosa	1,5	368	212	163	229	21	13		5,3	3,1
84	3	25	Mimosa	1,5	369	207	151	249	19	6		5,3	4,5
85	10	25	Mimosa	1,5	354	162	154	277	20	1	30,4	5,1	9,0
86	90	25	Mimosa	1,5	357	200	158	275	28	0		5,0	13,4
87	10	25	Mimosa	1,5	357	204	145	280	20	0		4,9	6,3
88	3	25	Mimosa	1,5	376	196	164	223	20	7	34,6	5,4	3,8
89	90	25	Mimosa	1,5	359	206	135	248	33	0	30,7	5,0	17,3
90	180	25	Mimosa	1,5	345	214	155	248	33	0		5,0	15,9
91	180	25	Mimosa	1,5	350	208	161	251	30	0		5,1	9,7
92	180	25	Mimosa	1,5	347	182	154	231	35	2		5,0	14,2
93	49	25	Mimosa	1,5	350	189	155	260	32	0		4,9	11,8
94	10	25	Mimosa	1,5	358	208	156	248	24	0	30,9	5,2	9,0
95	49	25	Mimosa	1,5	352	187	139	258	28	0		5,0	9,9
96	180	25	Mimosa	1,5	352	188	163	266	30	0		4,9	15,8
97	3	25	Mimosa	3	367	201	149	240	19	26		5,4	3,4
98	3	25	Mimosa	3	366	189	154	246	20	16	20,4	5,4	3,3
99	90	25	Mimosa	3	349	165	150	256	30	0		4,9	13,3
100	90	25	Mimosa	3	250	190	157	236	32	3	28,0	5,1	13,2
101	10	25	Mimosa	3	368	195	150	263	21	2	27,8	5,1	9,8
102	180	25	Mimosa	3	364	193	156	239	32	0		5,2	9,7
103	49	25	Mimosa	3	371	207	152	245	29	7	0,0	5,1	13,2
104	49	25	Mimosa	3	359	180	148	276	25	6		4,9	9,8
105	10	25	Mimosa	3	365	186	160	258	22	4		5,1	9,1

106	180	25	Mimosa	3	343	168	153	261	30	0		5,0	17,1
107	180	25	Mimosa	3	343	198	159	250	33	1		4,9	15,1
108	180	25	Mimosa	3	346	186	144	273	29	0		5,0	15,0
109	49	25	Mimosa	3	351	188	151	230	31	10		5,0	11,4
110	3	25	Mimosa	3	370	208	144	245	20	20	31,9	5,3	3,9
111	90	25	Mimosa	3	219	184	133	277	28	0	26,5	5,1	15,7
112	10	25	Mimosa	3	373	187	150	262	21	4		5,2	9,6
113	90	25	Farmatan	3	368	212	152	276	25	0		4,8	9,3
114	90	25	Farmatan	3	363	184	147	245	30	7		4,7	11,3
115	90	25	Farmatan	3	366	208	169	237	31	0		4,8	11,4
116	90	25	Farmatan	3	364	179	145	286	25	0		4,8	12,2
118	90	25	Hornklee	0	286	84	188	278	26	20	34,5	4,6	13,1
119	90	25	Hornklee	0	291	85	181	285	25	20		4,7	10,2
120	90	25	Hornklee	0	295	80	169	291	26	11		4,7	13,0
121	180	35	Kontrolle	0	413	167	150	278	31	0		4,6	14,2
122	49	35	Kontrolle	0	409	182	163	270	28	0		4,7	8,8
123	10	35	Kontrolle	0	412	165	157	266	26	0	37,2	4,9	8,6
124	90	35	Kontrolle	0	413	145	150	262	33	0	35,5	4,6	12,6
125	49	35	Kontrolle	0	408	172	158	312	23	0		4,6	11,9
126	49	35	Kontrolle	0	439	160	167	256	32	0		4,6	9,0
127	90	35	Kontrolle	0	382	151	171	268	31	0	34,1	4,5	10,1
128	3	35	Kontrolle	0	419	167	148	253	21	17		5,4	5,5
129	180	35	Kontrolle	0	414	175	165	275	30	0		4,7	11,6
130	10	35	Kontrolle	0	418	160	164	263	28	1	37,1	4,9	6,4
131	180	35	Kontrolle	0	435	160	155	271	30	0		4,6	12,6
132	90	35	Kontrolle	0	421	158	157	284	28	0	35,9	4,6	11,8
133	10	35	Kontrolle	0	430	171	160	266	26	0		4,9	6,5
134	3	35	Kontrolle	0	445	169	164	255	17	41	0,0	5,5	4,0
135	180	35	Kontrolle	0	445	161	159	276	29	0		4,6	10,7
136	3	35	Kontrolle	0	452	168	161	243	19	34		5,6	4,7
137	10	35	Quebracho	0,5	463	175	162	233	26	10	37,4	5,1	6,9
138	3	35	Quebracho	0,5	469	163	176	232	18	49		5,7	1,3
139	180	35	Quebracho	0,5	457	141	163	290	24	0		4,7	10,6
140	10	35	Quebracho	0,5	465	171	170	233	27	19	38,7	5,0	4,2
141	90	35	Quebracho	0,5	456	154	157	289	27	0	34,8	4,7	10,9
142	90	35	Quebracho	0,5	464	159	144	276	29	0	35,3	4,7	11,4
143	3	35	Quebracho	0,5	430	161	163	265	17	37	0,0	5,4	4,6

144	180	35	Quebracho	0,5	432	158	164	286	28	0		4,6	11,2
145	180	35	Quebracho	0,5	443	156	165	286	28	0		4,6	10,4
146	90	35	Quebracho	0,5	271	149	164	304	23	0	32,8	4,6	15,7
147	3	35	Quebracho	0,5	411	164	168	252	19	35		5,3	4,1
148	49	35	Quebracho	0,5	421	161	158	293	26	0	34,8	4,7	12,4
149	49	35	Quebracho	0,5	422	176	169	247	33	0		4,7	10,2
150	10	35	Quebracho	0,5	474	153	161	264	23	13		5,0	6,1
151	180	35	Quebracho	0,5	420	166	149	277	30	0	35,4	4,6	12,5
152	49	35	Quebracho	0,5	422	164	160	301	23	0	35,2	4,7	10,2
153	49	35	Quebracho	1,5	453	187	162	258	29	0		4,7	4,1
154	3	35	Quebracho	1,5	475	181	153	243	25	24	38,4	5,0	4,6
155	10	35	Quebracho	1,5	479	165	159	256	23	14	36,2	5,1	5,7
156	3	35	Quebracho	1,5	481	173	162	242	19	52		5,6	4,5
157	10	35	Quebracho	3	509	158	155	240	21	61		5,5	3,6
159		35	Quebracho	1,5	484	170	164	262	25	6	37,0	5,1	5,3
160	49	35	Quebracho	1,5	429	182	164	270	29	0		4,7	11,7
161	90	35	Quebracho	1,5	470	146	155	255	32	0	35,5	4,7	10,8
162	180	35	Quebracho	1,5	427	173	158	270	32	0		4,6	13,7
163	180	35	Quebracho	1,5	416	161	145	293	25	0		4,6	14,1
164	49	35	Quebracho	1,5	425	182	160	255	30	0		4,8	8,5
165	90	35	Quebracho	1,5	470	141	147	272	28	0	35,6	4,6	10,4
166	90	35	Quebracho	1,5	484	160	163	305	21	0	33,4	4,7	11,1
167	3	35	Quebracho	1,5	464	160	163	248	18	54		5,4	2,7
168	10	35	Quebracho	1,5	479	170	160	257	23	20	35,2	5,1	4,6
169	49	35	Quebracho	3	491	160	156	255	29	2		4,8	7,5
170	90	35	Quebracho	3	489	160	160	268	26	10	34,8	4,7	8,3
171	10	35	Quebracho	3	500	176	165	249	23	38		5,2	5,2
172	90	35	Quebracho	3	474	154	150	274	26	9	37,1	4,6	
173	10	35	Quebracho	3	499	159	155	246	22	28		5,2	5,9
174	90	35	Quebracho	3	486	153	164	280	27	0	34,6	4,8	10,0
175	3	35	Quebracho	3	505	173	157	238	18	62		5,7	4,2
177	3	35	Quebracho	3	499	165	153	237	16	68	39,9	5,6	2,4
178	49	35	Quebracho	3	491	162	160	329	18	0		4,7	7,5
179	180	35	Quebracho	3	478	156	156	275	27	6		4,6	11,6
180	180	35	Quebracho	3	499	150	157	275	27	5		4,6	8,9
181	3	35	Quebracho	3	499	169	159	231	18	63	37,8	5,5	4,8
182	49	35	Quebracho	3	507	160	143	269	24	11		4,8	8,5



<b>183</b>	10	35	Quebracho	3	496	158	157	246	22	32		5,2	5,6
<b>184</b>	180	35	Quebracho	3	479	158	153	301	22	5		4,7	10,5
<b>185</b>	90	35	Mimosa	0,5	449	172	167	240	33	0	35,9	4,8	9,5
<b>186</b>	10	35	Mimosa	0,5	452	165	168	243	25	0	37,1	5,0	6,2
<b>187</b>	180	35	Mimosa	0,5	453	143	154	248	32	0		4,7	10,7
<b>188</b>	49	35	Mimosa	0,5	449	157	155	289	23	0		4,7	8,5
<b>189</b>	180	35	Mimosa	0,5	449	171	167	255	29	0		4,8	9,8
<b>190</b>	90	35	Mimosa	0,5	387	169	150	293	27	0	33,4	4,6	14,8
<b>191</b>	3	35	Mimosa	0,5	391	161	158	269	21	14		5,2	4,5
<b>192</b>	49	35	Mimosa	0,5	381	156	167	288	27	0	34,6	4,6	14,2
<b>193</b>	10	35	Mimosa	0,5	447	157	161	263	26	0		5,0	3,8
<b>194</b>	180	35	Mimosa	0,5	434	159	164	269	31	0		4,7	10,8
<b>195</b>	10	35	Mimosa	0,5	455	176	174	233	29	3		5,1	3,6
<b>196</b>	3	35	Mimosa	0,5	398	170	174	246	23	12		5,3	5,2
<b>197</b>	90	35	Mimosa	0,5	388	164	166	280	29	0	34,6	4,5	12,9
<b>198</b>	49	35	Mimosa	0,5	392	174	161	263	30	0		4,6	11,2
<b>199</b>	180	35	Mimosa	0,5	380	163	168	271	34	0		4,6	14,3
<b>200</b>	3	35	Mimosa	0,5	389	163	161	260	21	16		5,3	7,4
<b>201</b>	3	35	Mimosa	1,5	401	168	177	242	21	33		5,4	1,8
<b>202</b>	90	35	Mimosa	1,5	384	139	165	280	31	0	32,5	4,6	15,5
<b>203</b>	180	35	Mimosa	1,5	384	154	164	293	28	0		4,6	15,1
<b>204</b>	10	35	Mimosa	1,5	390	148	153	287	22	6		4,9	9,0
<b>205</b>	49	35	Mimosa	1,5	384	152	155	242	35	0		4,7	12,5
<b>206</b>	90	35	Mimosa	1,5	385	157	160	261	34	0	32,0	4,7	15,1
<b>207</b>	90	35	Mimosa	1,5	386	144	165	291	26	0	33,4	4,7	14,2
<b>208</b>	10	35	Mimosa	1,5	399	166	162	254	25	4		5,1	9,2
<b>209</b>	3	35	Mimosa	1,5	394	166	162	230	21	27	34,1	5,4	4,6
<b>210</b>	180	35	Mimosa	1,5	392	159	154	274	30	0		4,6	16,0
<b>211</b>	49	35	Mimosa	1,5	390	169	171	276	28	1		4,8	13,0
<b>212</b>	3	35	Mimosa	1,5	410	166	163	239	21	34		5,4	6,6
<b>213</b>	180	35	Mimosa	1,5	385	166	159	302	26	0		4,6	16,1
<b>214</b>	10	35	Mimosa	1,5	394	172	178	236	30	5		5,1	9,6
<b>215</b>	180	35	Mimosa	1,5	392	161	165	279	31	0		4,7	14,3
<b>216</b>	49	35	Mimosa	1,5	380	152	160	266	31	0		4,7	12,2
<b>217</b>	10	35	Mimosa	3	396	155	170	262	24	19		5,0	9,5
<b>218</b>	180	35	Mimosa	3	392	152	165	257	33	7		4,7	14,0
<b>219</b>	90	35	Mimosa	3	404	154	157	274	28	2	33,4	4,8	14,1

<b>220</b>	180	35	Mimosa	3	393	152	165	254	35	0		4,7	14,8
<b>221</b>	90	35	Mimosa	3	395	163	163	276	29	5	33,1	4,7	13,5
<b>222</b>	3	35	Mimosa	3	402	161	180	254	18	39		5,4	4,7
<b>223</b>	49	35	Mimosa	3	392	148	161	276	27	3	29,7	4,8	7,1
<b>224</b>	90	35	Mimosa	3	396	127	168	260	31	1	32,2	4,7	12,7
<b>225</b>	3	35	Mimosa	3	404	155	145	274	18	30		5,3	4,3
<b>226</b>	10	35	Mimosa	3	401	146	160	261	25	15		5,0	6,7
<b>227</b>	180	35	Mimosa	3	393	150	140	280	29	2		4,6	17,0
<b>228</b>	49	35	Mimosa	3	394	153	161	276	27	7	32,4	4,7	12,4
<b>229</b>	49	35	Mimosa	3	394	141	170	287	26	0		4,8	11,1
<b>230</b>	10	35	Mimosa	3	398	156	162	238	26	26		5,2	7,5
<b>231</b>	3	35	Mimosa	3	405	163	158	246	20	31	31,2	5,4	6,8
<b>232</b>	180	35	Mimosa	3	394	137	163	254	33	4		4,7	15,3
<b>233</b>	90	35	Farmatan	3	401	161	168	255	30	4	36,1	4,6	11,5
<b>234</b>	90	35	Farmatan	3	403	148	153	289	26	1	34,2	4,5	11,5
<b>235</b>	90	35	Farmatan	3	402	157	146	285	28	0	33,0	4,6	12,7
<b>236</b>	90	35	Farmatan	3	402	148	162	280	27	1	33,9	4,6	12,3
<b>237</b>	90	35	Hornklee	0	482	83	193	267	26	44	37,4	5,1	8,5
<b>238</b>	90	35	Hornklee	0	434	88	195	275	26	40	41,0	5,0	11,1
<b>240</b>	90	35	Hornklee	0	439	86	193	277	24	40	36,2	5,0	9,1

**Tabelle 84: Umsetzbare Energie (MJ ME/ kg TM) und Nettoenergie-Laktation (in MJ NEL/kg TM) sowie der Hohenheimer Futterwerttest der Luzernesilagen über alle Öffnungszeiträume – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen**

Proben-Nr	Tag	TM-Stufe	Tannin-haltiges Pflanzen-extrakt	Menge des eingesetzten Extraktes (in % der TM)	Trocken-substanz [g/kg]	ME [MJ/kg TM]	NEL [MJ/kg TM]	HFT [ml/200 mg]
2	3	25	Kontrolle	0	344	8,0	4,7	33,3
3	3	25	Kontrolle	0	336	8,0	4,7	34,0
5	3	25	Kontrolle	0	343	8,3	4,8	32,3
76	3	25	Mimosa	0,5	343	8,3	4,8	34,1
79	3	25	Mimosa	0,5	346	7,9	4,6	33,9
80	3	25	Mimosa	0,5	355	8,4	4,9	36,5
83	3	25	Mimosa	1,5	368	8,5	5,0	
84	3	25	Mimosa	1,5	369	8,0	4,6	
88	3	25	Mimosa	1,5	376	7,9	4,5	34,6
97	3	25	Mimosa	3	367	8,1	4,7	
98	3	25	Mimosa	3	366	8,1	4,7	20,4
110	3	25	Mimosa	3	370	8,0	4,7	31,9
21	3	25	Quebracho	0,5	365	7,9	4,6	36,1
24	3	25	Quebracho	0,5	366	8,4	4,9	34,7
25	3	25	Quebracho	0,5	368	8,3	4,8	35,6
36	3	25	Quebracho	1,5	368	8,5	4,9	
39	3	25	Quebracho	1,5	377	8,3	4,8	34,7
46	3	25	Quebracho	1,5	375	8,4	4,9	36,6
57	3	25	Quebracho	3	396	8,2	4,8	
59	3	25	Quebracho	3	385	8,6	5,1	30,9
61	3	25	Quebracho	3	390	8,1	4,7	35,0
1	10	25	Kontrolle	0	337	8,3	4,8	
4	10	25	Kontrolle	0	390	8,3	4,8	
16	10	25	Kontrolle	0	454	8,6	5,0	
67	10	25	Mimosa	0,5	362	8,1	4,7	
69	10	25	Mimosa	0,5	384	8,5	5,0	
72	10	25	Mimosa	0,5	372	7,9	4,6	
85	10	25	Mimosa	1,5	354	8,2	4,8	30,4
87	10	25	Mimosa	1,5	357	8,2	4,7	
94	10	25	Mimosa	1,5	358	8,3	4,8	30,9
101	10	25	Mimosa	3	368	8,5	4,9	27,8
105	10	25	Mimosa	3	365	8,4	4,9	
112	10	25	Mimosa	3	373	8,5	5,0	
19	10	25	Quebracho	0,5	352	8,0	4,7	
22	10	25	Quebracho	0,5	358	8,5	5,0	
26	10	25	Quebracho	0,5	410	8,3	4,9	
42	10	25	Quebracho	1,5	361	7,8	4,5	32,1
44	10	25	Quebracho	1,5	382	7,3	4,2	
47	10	25	Quebracho	1,5	361	8,3	4,8	
49	10	25	Quebracho	3	352	7,2	4,1	
60	10	25	Quebracho	3	399	7,9	4,6	
63	10	25	Quebracho	3	391	8,5	5,0	
6	49	25	Kontrolle	0	351	8,4	4,9	0,0
8	49	25	Kontrolle	0	348	8,0	4,7	
11	49	25	Kontrolle	0	352	8,5	5,0	
68	49	25	Mimosa	0,5	373	8,2	4,8	
70	49	25	Mimosa	0,5	357	8,6	5,0	

71	49	25	Mimosa	0,5	350	8,4	4,9	
81	49	25	Mimosa	1,5	353	8,5	5,0	
93	49	25	Mimosa	1,5	350	8,2	4,7	
95	49	25	Mimosa	1,5	352	8,3	4,8	
103	49	25	Mimosa	3	371	8,0	4,6	0,0
104	49	25	Mimosa	3	359	8,4	4,9	
109	49	25	Mimosa	3	351	8,0	4,7	
20	49	25	Quebracho	0,5	357	8,1	4,8	
23	49	25	Quebracho	0,5	361	8,2	4,8	
28	49	25	Quebracho	0,5	356	8,7	5,1	
40	49	25	Quebracho	1,5	367	8,4	4,9	
41	49	25	Quebracho	1,5	370	8,5	5,0	
48	49	25	Quebracho	1,5	354	8,2	4,8	
50	49	25	Quebracho	3	410	7,5	4,4	0,0
52	49	25	Quebracho	3	406	8,4	4,9	
58	49	25	Quebracho	3	385	8,4	4,9	0,0
7	90	25	Kontrolle	0	362	8,1	4,7	
14	90	25	Kontrolle	0	359	7,9	4,6	
15	90	25	Kontrolle	0	355	8,3	4,9	
113	90	25	Farmatan	3	368	8,0	4,6	
114	90	25	Farmatan	3	363	8,1	4,7	
115	90	25	Farmatan	3	366	8,2	4,7	
116	90	25	Farmatan	3	364	8,2	4,8	
118	90	25	Hornklee	0	286	8,2	4,8	34,5
119	90	25	Hornklee	0	291	8,2	4,7	
120	90	25	Hornklee	0	295	8,3	4,8	
65	90	25	Mimosa	0,5	220	8,6	5,1	27,9
66	90	25	Mimosa	0,5	356	8,1	4,7	
74	90	25	Mimosa	0,5	359	8,2	4,8	
82	90	25	Mimosa	1,5	366	8,5	5,0	
86	90	25	Mimosa	1,5	357	8,0	4,6	
89	90	25	Mimosa	1,5	359	8,5	5,0	30,7
99	90	25	Mimosa	3	349	8,7	5,1	
100	90	25	Mimosa	3	250	8,3	4,8	28,0
111	90	25	Mimosa	3	219	8,1	4,7	26,5
17	90	25	Quebracho	0,5	350	8,6	5,0	30,5
30	90	25	Quebracho	0,5	363	8,4	4,9	31,1
31	90	25	Quebracho	0,5	356	8,1	4,7	
33	90	25	Quebracho	1,5	368	8,0	4,7	
34	90	25	Quebracho	1,5	370	8,5	4,9	
43	90	25	Quebracho	1,5	370	8,1	4,7	
54	90	25	Quebracho	3	406	8,2	4,7	
55	90	25	Quebracho	3	381	7,7	4,4	
62	90	25	Quebracho	3	372	8,0	4,7	34,2
9	180	25	Kontrolle	0	350	8,2	4,8	
10	180	25	Kontrolle	0	350	8,3	4,8	
12	180	25	Kontrolle	0	348	8,3	4,9	35,5
13	180	25	Kontrolle	0	350	8,1	4,7	
73	180	25	Mimosa	0,5	357	8,3	4,9	
75	180	25	Mimosa	0,5	350	8,4	4,9	
77	180	25	Mimosa	0,5	341	7,8	4,5	31,5
78	180	25	Mimosa	0,5	337	7,8	4,5	
90	180	25	Mimosa	1,5	345	8,0	4,6	
91	180	25	Mimosa	1,5	350	7,9	4,6	
92	180	25	Mimosa	1,5	347	8,2	4,8	
96	180	25	Mimosa	1,5	352	8,2	4,8	
102	180	25	Mimosa	3	364	8,0	4,7	

106	180	25	Mimosa	3	343	8,4	4,9	
107	180	25	Mimosa	3	343	8,5	4,9	
108	180	25	Mimosa	3	346	8,4	4,9	
18	180	25	Quebracho	0,5	343	8,5	5,0	
27	180	25	Quebracho	0,5	360	8,1	4,7	
29	180	25	Quebracho	0,5	359	8,3	4,8	
32	180	25	Quebracho	0,5	350	7,9	4,6	
35	180	25	Quebracho	1,5	360	8,4	4,9	
37	180	25	Quebracho	1,5	368	8,3	4,8	33,9
38	180	25	Quebracho	1,5	372	8,0	4,7	30,7
45	180	25	Quebracho	1,5	353	8,3	4,8	
51	180	25	Quebracho	3	407	8,6	5,0	
53	180	25	Quebracho	3	362	8,6	5,0	
56	180	25	Quebracho	3	363	8,0	4,6	
64	180	25	Quebracho	3	396	8,5	5,0	
128	3	35	Kontrolle	0	419	8,0	4,6	
134	3	35	Kontrolle	0	445	8,3	4,8	0,0
136	3	35	Kontrolle	0	452	7,9	4,6	
191	3	35	Mimosa	0,5	391	8,3	4,8	
196	3	35	Mimosa	0,5	398	7,9	4,6	
200	3	35	Mimosa	0,5	389	8,4	4,9	
201	3	35	Mimosa	1,5	401	8,0	4,6	
209	3	35	Mimosa	1,5	394	8,3	4,8	34,1
212	3	35	Mimosa	1,5	410	8,0	4,6	
222	3	35	Mimosa	3	402	8,3	4,8	
225	3	35	Mimosa	3	404	8,0	4,6	
231	3	35	Mimosa	3	405	8,1	4,7	31,2
138	3	35	Quebracho	0,5	469	8,3	4,8	
143	3	35	Quebracho	0,5	430	9,0	5,2	0,0
147	3	35	Quebracho	0,5	411	8,2	4,7	
154	3	35	Quebracho	1,5	475	7,9	4,6	38,4
156	3	35	Quebracho	1,5	481	8,5	5,0	
167	3	35	Quebracho	1,5	464	8,1	4,7	
175	3	35	Quebracho	3	505	8,6	5,0	
177	3	35	Quebracho	3	499	8,5	4,9	39,9
181	3	35	Quebracho	3	499	8,3	4,8	37,8
123	10	35	Kontrolle	0	412	8,1	4,7	37,2
130	10	35	Kontrolle	0	418	8,6	5,0	37,1
133	10	35	Kontrolle	0	430	7,7	4,5	
186	10	35	Mimosa	0,5	452	8,1	4,7	37,1
193	10	35	Mimosa	0,5	447	8,0	4,6	
195	10	35	Mimosa	0,5	455	7,8	4,5	
204	10	35	Mimosa	1,5	390	8,1	4,7	
208	10	35	Mimosa	1,5	399	8,3	4,8	
214	10	35	Mimosa	1,5	394	8,7	5,1	
217	10	35	Mimosa	3	396	7,9	4,6	
226	10	35	Mimosa	3	401	8,0	4,7	
230	10	35	Mimosa	3	398	8,0	4,6	
137	10	35	Quebracho	0,5	463	8,5	5,0	37,4
140	10	35	Quebracho	0,5	465	8,4	4,9	38,7
150	10	35	Quebracho	0,5	474	8,6	5,0	
155	10	35	Quebracho	1,5	479	8,0	4,6	36,2
168	10	35	Quebracho	1,5	479	8,2	4,8	35,2
157	10	35	Quebracho	3	509	8,5	5,0	
171	10	35	Quebracho	3	500	8,2	4,7	
173	10	35	Quebracho	3	499	8,2	4,8	
183	10	35	Quebracho	3	496	8,5	5,0	

122	49	35	Kontrolle	0	409	8,2	4,8	
125	49	35	Kontrolle	0	408	7,8	4,5	
126	49	35	Kontrolle	0	439	8,2	4,8	
188	49	35	Mimosa	0,5	449	7,9	4,6	
192	49	35	Mimosa	0,5	381	8,3	4,8	34,6
198	49	35	Mimosa	0,5	392	8,4	4,9	
205	49	35	Mimosa	1,5	384	8,3	4,8	
211	49	35	Mimosa	1,5	390	8,2	4,8	
216	49	35	Mimosa	1,5	380	8,8	5,1	
223	49	35	Mimosa	3	392	8,3	4,8	29,7
228	49	35	Mimosa	3	394	8,3	4,8	32,4
229	49	35	Mimosa	3	394	8,2	4,8	
148	49	35	Quebracho	0,5	421	7,8	4,5	34,8
149	49	35	Quebracho	0,5	422	8,1	4,7	
152	49	35	Quebracho	0,5	422	8,3	4,8	35,2
153	49	35	Quebracho	1,5	453	8,0	4,7	
160	49	35	Quebracho	1,5	429	8,4	4,9	
164	49	35	Quebracho	1,5	425	8,3	4,8	
169	49	35	Quebracho	3	491	8,2	4,8	
178	49	35	Quebracho	3	491	8,1	4,6	
182	49	35	Quebracho	3	507	8,4	4,9	
124	90	35	Kontrolle	0	413	8,5	4,9	35,5
127	90	35	Kontrolle	0	382	8,0	4,6	34,1
132	90	35	Kontrolle	0	421	8,2	4,8	35,9
233	90	35	Farmatan	3	401	7,8	4,5	36,1
234	90	35	Farmatan	3	403	8,3	4,8	34,2
235	90	35	Farmatan	3	402	8,3	4,8	33,0
236	90	35	Farmatan	3	402	8,4	4,9	33,9
237	90	35	Hornklee	0	482	8,0	4,6	37,4
238	90	35	Hornklee	0	434	8,3	4,8	41,0
240	90	35	Hornklee	0	439	9,2	5,4	36,2
185	90	35	Mimsa	0,5	449	8,3	4,8	35,9
190	90	35	Mimosa	0,5	387	8,2	4,8	33,4
197	90	35	Mimosa	0,5	388	8,7	5,1	34,6
202	90	35	Mimosa	1,5	384	8,0	4,7	32,5
206	90	35	Mimosa	1,5	385	8,3	4,8	32,0
207	90	35	Mimosa	1,5	386	8,0	4,6	33,4
219	90	35	Mimosa	3	404	8,0	4,7	33,4
221	90	35	Mimosa	3	395	8,4	4,8	33,1
224	90	35	Mimosa	3	396	8,2	4,7	32,2
141	90	35	Quebracho	0,5	456	9,2	5,4	34,8
142	90	35	Quebracho	0,5	464	9,1	5,3	35,3
146	90	35	Quebracho	0,5	271	9,3	5,4	32,8
161	90	35	Quebracho	1,5	470	8,3	4,9	35,5
165	90	35	Quebracho	1,5	470	8,8	5,2	35,6
166	90	35	Quebracho	1,5	484	8,4	4,9	33,4
170	90	35	Quebracho	3	489	8,2	4,8	34,8
172	90	35	Quebracho	3	474	8,0	4,7	37,1
174	90	35	Quebracho	3	486	8,3	4,8	34,6
121	180	35	Kontrolle	0	413	8,1	4,7	
129	180	35	Kontrolle	0	414	8,0	4,6	
131	180	35	Kontrolle	0	435	8,6	5,0	
135	180	35	Kontrolle	0	445	8,2	4,8	
187	180	35	Mimosa	0,5	453	8,2	4,8	
189	180	35	Mimosa	0,5	449	8,2	4,7	
194	180	35	Mimosa	0,5	434	8,1	4,7	
199	180	35	Mimosa	0,5	380	8,4	4,9	

<b>203</b>	180	35	Mimosa	1,5	384	8,5	5,0	
<b>210</b>	180	35	Mimosa	1,5	392	8,3	4,8	
<b>213</b>	180	35	Mimosa	1,5	385	8,6	5,0	
<b>215</b>	180	35	Mimosa	1,5	392	8,3	4,8	
<b>218</b>	180	35	Mimosa	3	392	8,0	4,6	
<b>220</b>	180	35	Mimosa	3	393	8,2	4,8	
<b>227</b>	180	35	Mimosa	3	393	8,1	4,7	
<b>232</b>	180	35	Mimosa	3	394	7,9	4,5	
<b>139</b>	180	35	Quebracho	0,5	457	8,2	4,7	
<b>144</b>	180	35	Quebracho	0,5	432	9,4	5,5	
<b>145</b>	180	35	Quebracho	0,5	443	9,3	5,4	
<b>151</b>	180	35	Quebracho	0,5	420	8,0	4,6	35,4
<b>162</b>	180	35	Quebracho	1,5	427	7,9	4,6	
<b>163</b>	180	35	Quebracho	1,5	416	8,4	4,9	
<b>159</b>	180	35	Quebracho	1,5	484	8,4	4,8	37,0
<b>179</b>	180	35	Quebracho	3	478	8,5	5,0	
<b>180</b>	180	35	Quebracho	3	499	7,8	4,5	
<b>184</b>	180	35	Quebracho	3	479	8,4	4,9	

**Tabelle 85: Ergebnisse der chemischen Analyse ausgewählter Alkohole in den Luzernesilagen über alle Öffnungstermine und Trockenmassestufen – Einzelergebnisse aller Varianten sowie der Wiederholungen**

Tag	TM-Stufe	Tannin-haltiges Pflanzen-extrakt	Menge des eingesetzten Extraktes	TM [g/kg]	Ethanol [%/kg TM]	1,2-Propandiol [%/kg TM]	1-Propanol [%/kg TM]	2,3-Butandiol [%/kg TM]
3	25	Kontrolle	0	344	0,60	0	0	0
3	25	Kontrolle	0	336	0,40	0	0,06	0
3	25	Kontrolle	0	343	0,60	0	0	0,10
3	25	Mimosa	0,5	343	0,56	0	0,05	0,13
3	25	Mimosa	0,5	346	0,63	0	0,07	0,11
3	25	Mimosa	0,5	355	0,80	0	0	0,12
3	25	Mimosa	1,5	368	0,54	0	0,04	0,17
3	25	Mimosa	1,5	369	0,79	0	0	0,16
3	25	Mimosa	1,5	376	0,59	0	0	0,19
3	25	Mimosa	3	367	0,63	0	0,06	0,25
3	25	Mimosa	3	366	0,78	0	0	0,18
3	25	Mimosa	3	370	0,84	0	0	0,19
3	25	Quebracho	0,5	365	0,62	0	0,05	0,08
3	25	Quebracho	0,5	366	0,66	0	0,02	0,12
3	25	Quebracho	0,5	368	0,57	0	0	0
3	25	Quebracho	1,5	368	0,73	0	0	0
3	25	Quebracho	1,5	377	0,67	0	0	0,23
3	25	Quebracho	1,5	375	0,51	0	0	0,16
3	25	Quebracho	3	396	0,73	0	0,03	0,33
3	25	Quebracho	3	385	0,77	0	0,02	0,29
3	25	Quebracho	3	390	0,68	0	0	0,33
10	25	Kontrolle	0	337	0,46	0	0	0
10	25	Kontrolle	0	390	0,30	0	0	0
10	25	Kontrolle	0	454	0,32	0	0	0
10	25	Mimosa	0,5	362	0,50	0	0	0
10	25	Mimosa	0,5	384	0,36	0	0	0
10	25	Mimosa	0,5	372	0,42	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	354	0,47	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	357	0,47	0	0	0
10	25	Mimosa	1,5	358	0,54	0	0	0,08
10	25	Mimosa	3	368	0,51	0	0	0,10
10	25	Mimosa	3	365	0,59	0	0	0
10	25	Mimosa	3	373	0,49	0	0	0
10	25	Quebracho	0,5	352	0,45	0	0	0
10	25	Quebracho	0,5	358	0,51	0	0	0,09
10	25	Quebracho	0,5	410	0,31	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	361	0,42	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	382	0,39	0	0	0
10	25	Quebracho	1,5	361	0,45	0	0	0
10	25	Quebracho	3	352	0,34	0	0	0
10	25	Quebracho	3	399	0,41	0	0	0
10	25	Quebracho	3	391	0,36	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	351	0,26	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	348	0,57	0	0	0
49	25	Kontrolle	0	352	0,56	0	0	0
49	25	Mimosa	0,5	373	0,44	0	0	0
49	25	Mimosa	0,5	357	0,61	0	0,08	0
49	25	Mimosa	0,5	350	0,61	0	0	0
49	25	Mimosa	1,5	353	0,67	0	0	0,18
49	25	Mimosa	1,5	350	0,72	0	0	0
49	25	Mimosa	1,5	352	0,59	0	0	0
49	25	Mimosa	3	371	0,59	0	0	0,09



49	25	Mimosa	3	359	0,36	0	0,04	0
49	25	Mimosa	3	351	0,45	0	0,06	0
49	25	Quebracho	0,5	357	0,52	0	0	0
49	25	Quebracho	0,5	361	0,47	0	0	0
49	25	Quebracho	0,5	356	0,57	0	0	0
49	25	Quebracho	1,5	367	0,52	0	0,07	0
49	25	Quebracho	1,5	370	0,58	0	0	0
49	25	Quebracho	1,5	354	0,53	0	0,07	0
49	25	Quebracho	3	410	0,43	0	0	0
49	25	Quebracho	3	406	0,69	0	0	0
49	25	Quebracho	3	385	0,43	0	0	0,07
90	25	Farmatan	3	368	0,81	0	0	0,23
90	25	Farmatan	3	363	0,83	0	0,04	0,20
90	25	Farmatan	3	366	0,78	0	0,07	0,15
90	25	Farmatan	3	364	0,77	0	0,05	0,26
90	25	Hornklee	0	286	0,66	0	0	0,20
90	25	Hornklee	0	291	0,51	0	0	0,14
90	25	Hornklee	0	295	0,22	0	0,02	0,26
90	25	Kontrolle	0	362	0,50	0	0,07	0,16
90	25	Kontrolle	0	359	0,60	0	0,06	0,26
90	25	Kontrolle	0	355	0,47	0	0,06	0,15
90	25	Mimosa	0,5	220	1,02	0,08	0	0,17
90	25	Mimosa	0,5	356	0,72	0	0,08	0,18
90	25	Mimosa	0,5	359	0,79	0	0,07	0,18
90	25	Mimosa	1,5	366	1,15	0	0,10	0,29
90	25	Mimosa	1,5	357	0,87	0	0,06	0,28
90	25	Mimosa	1,5	359	0,96	0,11	0,08	0,23
90	25	Mimosa	3	349	1,02	0	0,06	0,22
90	25	Mimosa	3	250	0,66	0	0	0
90	25	Mimosa	3	219	0,56	0	0	0,15
90	25	Quebracho	0,5	350	0,53	0	0	0,15
90	25	Quebracho	0,5	363	0,73	0	0,11	0
90	25	Quebracho	0,5	356	0,82	0	0,10	0,33
90	25	Quebracho	1,5	368	0,85	0	0,08	0,28
90	25	Quebracho	1,5	370	0,66	0	0,08	0,16
90	25	Quebracho	1,5	370	0,35	0	0,09	0,15
90	25	Quebracho	3	406	0,81	0	0,04	0,23
90	25	Quebracho	3	381	0,97	0	0,09	0,31
90	25	Quebracho	3	372	0,95	0,09	0	0,15
180	25	Kontrolle	0	350	0,54	0	0	0,18
180	25	Kontrolle	0	350	0,49	0	0	0,10
180	25	Kontrolle	0	348	0,48	0	0	0,18
180	25	Kontrolle	0	350	0,53	0	0	0
180	25	Mimosa	0,5	357	0,64	0	0,09	0,23
180	25	Mimosa	0,5	350	0,83	0	0	0,08
180	25	Mimosa	0,5	341	0,89	0	0	0,22
180	25	Mimosa	0,5	337	0,95	0	0	0,12
180	25	Mimosa	1,5	345	1,09	0	0	0,25
180	25	Mimosa	1,5	350	0,75	0	0	0,08
180	25	Mimosa	1,5	347	1,12	0	0	0,20
180	25	Mimosa	1,5	352	0,97	0	0	0,24
180	25	Mimosa	3	364	0,80	0	0	0,10
180	25	Mimosa	3	343	0,98	0	0	0,25
180	25	Mimosa	3	343	1,03	0	0	0,14
180	25	Mimosa	3	346	0,97	0	0	0,15
180	25	Quebracho	0,5	343	0,58	0	0	0
180	25	Quebracho	0,5	360	0,10	0	0,17	0,34
180	25	Quebracho	0,5	359	1,05	0	0	0,10
180	25	Quebracho	0,5	350	1,14	0	0,14	0,31
180	25	Quebracho	1,5	360	0,60	0	0	0,09

180	25	Quebracho	1,5	368	0,62	0	0	0,17
180	25	Quebracho	1,5	372	0,44	0	0	0,16
180	25	Quebracho	1,5	353	0,69	0	0	0,15
180	25	Quebracho	3	407	0,57	0	0	0
180	25	Quebracho	3	362	1,54	0	0	0,14
180	25	Quebracho	3	363	1,42	0	0	0,33
180	25	Quebracho	3	396	0,74	0	0,08	0,21
3	35	Kontrolle	0	419	0,15	0	0,05	0,30
3	35	Kontrolle	0	445	0,39	0	0	0,15
3	35	Kontrolle	0	452	0,70	0	0,04	0,31
3	35	Mimosa	0,5	391	0,82	0	0	0,03
3	35	Mimosa	0,5	398	0,65	0	0,04	0,29
3	35	Mimosa	0,5	389	0,48	0	0	0,07
3	35	Mimosa	1,5	401	0,95	0	0,03	0,44
3	35	Mimosa	1,5	394	0,52	0	0	0,32
3	35	Mimosa	1,5	410	0,39	0	0,05	0,38
3	35	Mimosa	3	402	0,95	0	0,03	0,44
3	35	Mimosa	3	404	1,03	0	0	0
3	35	Mimosa	3	405	0,48	0	0	0,29
3	35	Quebracho	0,5	469	0,72	0	0,03	0,29
3	35	Quebracho	0,5	430	0,32	0	0,05	0,17
3	35	Quebracho	0,5	411	0,41	0	0	0
3	35	Quebracho	1,5	475	0,60	0	0	0,13
3	35	Quebracho	1,5	481	0,28	0	0,04	0
3	35	Quebracho	1,5	464	0,51	0	0	0,12
3	35	Quebracho	3	505	0,79	0	0,02	0,29
3	35	Quebracho	3	499	0,57	0	0	0,17
3	35	Quebracho	3	499	0,56	0	0	0,17
10	35	Kontrolle	0	412	0,49	0	0	0,11
10	35	Kontrolle	0	418	0,48	0	0,05	0,10
10	35	Kontrolle	0	430	0,36	0	0	0,08
10	35	Mimosa	0,5	452	0,56	0	0	0,07
10	35	Mimosa	0,5	447	0,74	0	0	0
10	35	Mimosa	0,5	455	0,73	0	0	0,16
10	35	Mimosa	1,5	390	0,52	0	0	0,12
10	35	Mimosa	1,5	399	0,98	0	0,03	0,37
10	35	Mimosa	1,5	394	0,59	0	0,05	0,33
10	35	Mimosa	3	396	0,73	0	0	0,23
10	35	Mimosa	3	401	0,96	0	0	0,06
10	35	Mimosa	3	398	0,52	0	0,04	0,36
10	35	Quebracho	0,5	463	0,44	0	0	0,13
10	35	Quebracho	0,5	465	0,69	0	0,03	0,11
10	35	Quebracho	0,5	474	0,64	0	0,03	0,16
10	35	Quebracho	1,5	479	0,35	0	0	0,10
10	35	Quebracho	1,5	479	0,44	0	0	0,12
10	35	Quebracho	3	509	0,59	0	0,03	0,22
10	35	Quebracho	3	500	0,23	0	0,04	0,25
10	35	Quebracho	3	499	0,43	0	0	0
10	35	Quebracho	3	496	0,44	0	0	0
49	35	Kontrolle	0	409	0,26	0	0	0
49	35	Kontrolle	0	408	0,45	0	0	0,08
49	35	Kontrolle	0	439	0,46	0	0	0,07
49	35	Mimosa	0,5	449	0,42	0	0	0
49	35	Mimosa	0,5	381	0,52	0	0	0,08
49	35	Mimosa	0,5	392	0,50	0	0	0
49	35	Mimosa	1,5	384	0,66	0	0	0,12
49	35	Mimosa	1,5	390	0,71	0	0	0,13
49	35	Mimosa	1,5	380	0,66	0	0	0,08
49	35	Mimosa	3	392	0,80	0	0	0,17
49	35	Mimosa	3	394	0,71	0	0	0,12

49	35	Mimosa	3	394	0,73	0	0	0,08
49	35	Quebracho	0,5	421	0,46	0	0	0,08
49	35	Quebracho	0,5	422	0,49	0	0	0,07
49	35	Quebracho	0,5	422	0,47	0	0	0,07
49	35	Quebracho	1,5	453	0,43	0	0	0,10
49	35	Quebracho	1,5	429	0,57	0	0	0,11
49	35	Quebracho	1,5	425	0,31	0	0	0
49	35	Quebracho	3	491	0,43	0	0	0
49	35	Quebracho	3	491	0,25	0	0	0
49	35	Quebracho	3	507	0,21	0	0,06	0,17
90	35	Farmatan	3	401	0,60	0	0	0,21
90	35	Farmatan	3	403	0,63	0	0	0,27
90	35	Farmatan	3	402	0,59	0	0	0
90	35	Farmatan	3	402	0,61	0	0	0,11
90	35	Hornklee	0	482	0	0,03	0	0,09
90	35	Hornklee	0	434	0	0	0	0
90	35	Hornklee	0	439	0,59	0	0	0
90	35	Kontrolle	0	413	0,50	0	0	0,13
90	35	Kontrolle	0	382	0,57	0	0	0
90	35	Kontrolle	0	421	0,47	0	0	0,14
90	35	Mimosa	0,5	449	0,59	0	0	0,15
90	35	Mimosa	0,5	387	0,68	0	0	0
90	35	Mimosa	0,5	388	0,63	0	0	0,18
90	35	Mimosa	1,5	384	0,79	0	0	0,25
90	35	Mimosa	1,5	385	0,74	0	0	0,26
90	35	Mimosa	1,5	386	0,87	0	0	0,31
90	35	Mimosa	3	404	0,78	0	0	0
90	35	Mimosa	3	395	0,77	0	0	0,26
90	35	Mimosa	3	396	0,83	0	0	0,18
90	35	Quebracho	0,5	456	0,42	0	0	0,16
90	35	Quebracho	0,5	464	0,44	0	0	0,16
90	35	Quebracho	0,5	271	0,72	0	0	0,35
90	35	Quebracho	1,5	470	0,45	0	0	0,48
90	35	Quebracho	1,5	470	0,47	0	0	0,15
90	35	Quebracho	1,5	484	0,44	0	0	0,15
90	35	Quebracho	3	489	0,60	0	0	0,16
90	35	Quebracho	3	474	0,70	0	0	0
90	35	Quebracho	3	486	0,69	0	0	0,19
180	35	Kontrolle	0	413	0,48	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	414	0,50	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	435	0,56	0	0	0
180	35	Kontrolle	0	445	0,51	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	453	0,39	0	0,07	0,16
180	35	Mimosa	0,5	449	0,56	0	0	0,12
180	35	Mimosa	0,5	434	0,46	0	0	0
180	35	Mimosa	0,5	380	0,62	0	0	0
180	35	Mimosa	1,5	384	0,69	0	0	0,11
180	35	Mimosa	1,5	392	0,78	0	0	0
180	35	Mimosa	1,5	385	0,78	0	0	0
180	35	Mimosa	1,5	392	0,74	0	0	0,13
180	35	Mimosa	3	392	0,79	0	0	0,13
180	35	Mimosa	3	393	0,89	0	0	0,12
180	35	Mimosa	3	393	0,78	0	0	0,14
180	35	Mimosa	3	394	0,95	0	0	0,14
180	35	Quebracho	0,5	457	0,38	0	0	0,08
180	35	Quebracho	0,5	432	0,42	0	0	0
180	35	Quebracho	0,5	443	0,43	0	0	0
180	35	Quebracho	0,5	420	0,48	0	0	0
180	35	Quebracho	1,5	427	0,60	0	0	0,08
180	35	Quebracho	1,5	416	0,69	0	0	0,11

<b>180</b>	35	Quebracho	3	478	0,49	0	0	0,11
<b>180</b>	35	Quebracho	3	499	0,44	0	0	0,07
<b>180</b>	35	Quebracho	3	479	0,67	0	0	0,18

**Tabelle 86: Angaben zur Proteinlöslichkeit, UDP5-Gehalten, PNDF-Gehalte sowie zu den Rohproteinfraktionen (A, B1, B2, B3 und C) kalkuliert auf Grundlage des Cornell Net Carbohydrate and Protein System der Luzernesilagen über alle Öffnungszeitpunkte, Siliervarianten und Wiederholungen**

Probe-Nr	Tag	TM-Stufe	Tannin-haltiges Pflanzen-extrakt	Menge des eingesetzten Extraktes	Trocken-substanz [g/kg]	peps. unlösl. RPr [%]	Protein-löslichkeit [%]	PNDF [g/kg TM]	A [% des RPr]	B1 [% des RPr]	B2 [% des RPr]	B3 [% des RPr]	C [% des RPr]	UDP5 [% d. RPr] (Grobfutter)
1	10	25	Kontrolle	0	337	14,7	73,2	438	60,9	1,5	29,2	2,9	5,4	22
2	3	25	Kontrolle	0	344	20,9	49,5	434	50,0	5,1	36,9	2,8	5,3	24
3	3	25	Kontrolle	0	336	18,8	56,6	465	52,6	6,0	15,4	21,4	4,5	20
4	10	25	Kontrolle	0	390	16,5	66,2	427	58,9	1,4	33,0	2,2	4,5	20
5	3	25	Kontrolle	0	343	19,2	53,2	451	47,5	7,0	35,7	4,7	5,1	24
6	49	25	Kontrolle	0	351	17,2	74,8	415	68,2	0,7	24,3	2,1	4,7	18
7	90	25	Kontrolle	0	362	17,0	75,1	444	71,1	1,6	20,7	1,8	4,8	17
8	49	25	Kontrolle	0	348	17,0	74,5	424	68,5	1,2	23,7	1,9	4,8	17
9	180	25	Kontrolle	0	350	14,2	77,9	442	69,8	1,1	22,9	0,4	5,8	19
10	180	25	Kontrolle	0	350	16,4	74,7	419	67,5	3,3	21,9	3,7	3,6	15
11	49	25	Kontrolle	0	352	17,8	73,4	419	66,7	2,2	24,8	1,7	4,6	18
12	180	25	Kontrolle	0	348	15,4	76,9	438	73,6	0,4	19,6	3,4	3,0	14
13	180	25	Kontrolle	0	350	17,6	74,2	416	67,1	2,1	22,7	3,6	4,5	17
14	90	25	Kontrolle	0	359	15,0	78,6	446	71,6	0,1	21,7	1,3	5,3	18
15	90	25	Kontrolle	0	355	19,5	69,6	479	63,0	6,2	21,7	2,6	6,5	23
16	10	25	Kontrolle	0	454	14,3	74,2	447	55,5	3,8	33,6	1,6	5,5	23
17	90	25	Quebracho	0,5	350	17,7	73,6	399	66,2	0,7	26,8	3,2	3,1	15
18	180	25	Quebracho	0,5	343	19,3	70,1	437	66,1	0,1	26,9	1,7	5,3	20
19	10	25	Quebracho	0,5	352	17,3	65,7	423	55,9	6,0	30,6	2,8	4,6	20
20	49	25	Quebracho	0,5	357	19,4	64,3	422	65,0	0,5	27,5	2,1	5,0	20
21	3	25	Quebracho	0,5	365	20,5	49,3	431	52,8	1,0	33,0	8,4	4,9	22
22	10	25	Quebracho	0,5	358	17,1	63,5	429	51,9	5,0	33,9	3,4	5,8	24
23	49	25	Quebracho	0,5	361	16,3	72,1	453	66,0	0,7	26,5	2,0	4,8	19
24	3	25	Quebracho	0,5	366	21,2	45,2	428	49,1	6,6	34,5	5,1	4,7	22
25	3	25	Quebracho	0,5	368	20,6	50,4	432	52,9	0,2	39,2	1,9	5,7	25
26	10	25	Queracho	0,5	410	18,6	60,4	407	53,4	3,0	35,8	2,9	4,9	23
27	180	25	Quebracho	0,5	360	19,8	72,4	475	67,4	3,0	21,5	2,5	5,6	21
28	49	25	Quebracho	0,5	356	17,7	68,3	430	64,4	4,6	23,9	2,4	4,7	18
29	180	25	Quebracho	0,5	359	21,0	69,9	438	66,6	1,6	23,9	3,2	4,7	18

30	90	25	Quebracho	0,5	363	18,0	71,3	433	62,6	2,8	26,5	1,5	6,7	24
31	90	25	Quebracho	0,5	356	18,3	71,1	460	64,6	0,9	25,5	3,7	5,3	20
32	180	25	Quebracho	0,5	350	19,8	69,1	459	59,1	2,8	25,1	7,9	5,1	23
33	90	25	Quebracho	1,5	368	18,3	70,6	460	65,3	1,3	26,6	2,5	4,3	18
34	90	25	Quebracho	1,5	370	18,0	71,1	412	63,9	0,7	28,8	1,4	5,1	19
35	180	25	Quebracho	1,5	360	18,3	73,1	421	62,2	3,9	26,5	2,1	5,2	18
36	3	25	Quebracho	1,5	368	23,0	45,7	414	48,7	1,5	40,3	4,6	4,8	25
37	180	25	Quebracho	1,5	368	17,8	71,5	424	63,4	3,3	26,4	2,2	4,7	18
38	180	25	Quebracho	1,5	372	21,3	67,2	433	62,7	0,6	29,0	2,4	5,3	21
39	3	25	Quebracho	1,5	377	23,1	47,1	434	47,0	1,5	43,1	2,3	6,1	27
40	49	25	Quebracho	1,5	367	17,9	68,6	406	60,6	1,8	29,4	3,8	4,4	19
41	49	25	Quebracho	1,5	370	17,8	69,1	428	62,9	2,5	27,7	2,2	4,8	19
42	10	25	Quebracho	1,5	361	20,6	58,4	446	55,3	3,3	34,2	2,0	5,3	23
43	90	25	Quebracho	1,5	370	19,2	69,7	422	65,4	2,2	26,6	2,6	3,1	16
44	10	25	Quebracho	1,5	382	20,7	54,7	410	49,3	4,2	39,1	2,7	4,8	23
45	180	25	Quebracho	1,5	353	19,3	69,8	455	65,1	1,3	15,3	13,5	4,9	20
46	3	25	Quebracho	1,5	375	26,7	38,2	430	44,3	4,2	43,2	3,1	5,2	26
47	10	25	Quebracho	1,5	361	19,1	60,0	434	52,3	1,7	38,9	2,9	4,2	22
48	49	25	Quebracho	1,5	354	18,3	68,5	412	61,4	3,6	10,7	18,7	5,6	21
49	10	25	Quebracho	3	352	23,5	48,3	433	39,2	6,0	42,9	6,8	5,1	28
50	49	25	Quebracho	3	410	22,3	57,9	402	49,8	2,7	37,4	4,7	5,4	25
51	180	25	Quebracho	3	407	23,9	54,7	426	49,6	4,3	37,0	4,0	5,1	24
52	49	25	Quebracho	3	406	22,6	55,0	416	51,3	1,4	37,9	4,4	5,0	23
53	180	25	Quebracho	3	362	18,3	74,6	434	56,6	0,1	34,4	4,0	4,9	23
54	90	25	Quebracho	3	406	20,9	60,1	454	54,2	1,9	36,0	3,8	4,1	20
55	90	25	Quebracho	3	381	25,0	60,5	474	57,0	4,7	30,1	1,9	6,3	25
56	180	25	Quebracho	3	363	24,8	63,2	434	57,1	0,5	33,7	3,5	5,2	24
57	3	25	Quebracho	3	396	26,7	35,3	408	43,0	0,1	48,7	3,3	4,9	27
58	49	25	Quebracho	3	385	22,3	58,8	413	56,3	0,5	35,0	3,1	5,1	22
59	3	25	Quebracho	3	385	29,6	34,6	419	40,9	1,4	48,6	3,5	5,6	29
60	10	25	Quebracho	3	399	25,4	45,5	411	40,3	0,8	50,2	3,8	4,9	28
61	3	25	Quebracho	3	390	26,4	35,4	424	40,6	3,3	46,0	4,6	5,5	28
62	90	25	Quebracho	3	372	20,9	62,6	415	53,3	5,6	33,7	2,5	4,9	21
63	10	25	Quebracho	3	391	25,6	46,6	429	32,6	13,0	34,7	14,5	5,2	28
64	180	25	Quebracho	3	396	26,1	55,5	468	50,0	4,9	35,9	3,7	5,5	25
65	90	25	Mimosa	0,5	220	18,6	75,5	420	67,1	0,0	25,7	2,3	4,8	18
66	90	25	Mimosa	0,5	356	19,9	72,6	494	66,3	1,3	24,5	0,1	7,7	26

67	10	25	Mimosa	0,5	362	20,8	51,8	432	48,2	7,0	36,7	3,4	4,7	24
68	49	25	Mimosa	0,5	373	17,4	71,4	421	61,6	1,7	28,1	4,1	4,4	20
69	10	25	Mimosa	0,5	384	18,5	65,5	478	51,5	5,7	30,8	7,4	4,5	23
70	49	25	Mimosa	0,5	357	17,5	68,7	412	59,9	3,4	10,9	20,1	5,6	21
71	49	25	Mimosa	0,5	350	16,6	70,9	414	62,7	1,5	29,2	2,5	4,1	17
72	10	25	Mimosa	0,5	372	17,0	65,7	446	56,1	3,1	33,0	2,8	4,9	22
73	180	25	Mimosa	0,5	357	19,2	72,4	465	65,2	2,8	24,4	2,0	5,6	20
74	90	25	Mimosa	0,5	359	16,8	74,3	445	66,9	1,4	25,0	0,9	5,8	19
75	180	25	Mimosa	0,5	350	18,8	70,1	438	66,3	2,7	21,4	5,2	4,5	17
76	3	25	Mimosa	0,5	343	21,5	47,0	435	49,0	2,0	39,8	4,1	5,1	24
77	180	25	Mimosa	0,5	341	19,7	71,2	461	65,9	2,7	23,6	2,8	5,0	20
78	180	25	Mimosa	0,5	337	18,1	74,9	452	61,3	4,1	27,7	1,7	5,1	20
79	3	25	Mimosa	0,5	346	24,4	45,3	481	49,0	0,8	41,7	3,6	5,0	25
80	3	25	Mimosa	0,5	355	24,3	39,4	446	45,2	2,7	42,8	3,2	6,1	28
81	49	25	Mimosa	1,5	353	22,8	64,5	442	52,3	3,3	34,9	4,9	4,6	24
82	90	25	Mimosa	1,5	366	24,3	66,9	434	60,9	0,3	29,8	2,5	6,5	23
83	3	25	Mimosa	1,5	368	25,4	37,7	459	42,6	5,9	40,2	6,8	4,6	24
84	3	25	Mimosa	1,5	369	25,7	39,4	448	41,3	3,5	44,2	4,7	6,3	30
85	10	25	Mimosa	1,5	354	22,4	57,0	449	55,2	0,3	35,8	2,1	6,5	27
86	90	25	Mimosa	1,5	357	20,7	71,5	442	61,4	0,1	30,0	1,8	6,7	24
87	10	25	Mimosa	1,5	357	22,6	55,0	432	51,0	2,0	37,4	4,0	5,5	26
88	3	25	Mimosa	1,5	376	24,7	39,6	427	46,7	1,9	40,2	6,0	5,1	25
89	90	25	Mimosa	1,5	359	28,1	60,0	460	57,7	0,1	33,1	2,3	6,8	28
90	180	25	Mimosa	1,5	345	23,8	65,2	457	62,2	1,6	24,0	6,5	5,6	22
91	180	25	Mimosa	1,5	350	22,1	66,6	444	63,2	0,9	27,8	3,6	4,5	19
92	180	25	Mimosa	1,5	347	27,1	60,1	431	54,9	0,1	35,4	4,2	5,4	24
93	49	25	Mimosa	1,5	350	23,0	64,2	416	60,7	1,3	29,4	3,9	4,8	21
94	10	25	Mimosa	1,5	358	23,2	51,7	422	48,7	2,6	39,4	3,5	5,8	26
95	49	25	Mimosa	1,5	352	23,4	60,7	421	55,8	3,5	31,9	3,5	5,3	24
96	180	25	Mimosa	1,5	352	21,7	69,0	432	62,0	0,6	29,6	3,0	4,8	20
97	3	25	Mimosa	3	367	30,3	30,4	422	34,6	2,1	45,7	12,0	5,6	31
98	3	25	Mimosa	3	366	28,1	34,9	452	36,6	4,9	46,6	6,2	5,7	29
99	90	25	Mimosa	3	349	25,3	62,1	452	57,2	0,7	31,3	4,6	6,3	25
100	90	25	Mimosa	3	250	25,9	62,9	405	55,0	2,4	34,1	2,7	5,7	23
101	10	25	Mimosa	3	368	25,4	48,9	437	48,8	0,4	40,3	5,1	5,4	26
102	180	25	Mimosa	3	364	31,3	52,1	447	54,5	1,6	34,4	4,0	5,4	24
103	49	25	Mimosa	3	371	25,8	57,7	413	53,6	7,3	30,0	3,9	5,1	22

104	49	25	Mimosa	3	359	26,3	59,2	448	51,5	5,0	25,5	11,6	6,4	26
105	10	25	Mimosa	3	365	23,5	53,7	424	47,7	0,3	43,5	3,0	5,5	26
106	180	25	Mimosa	3	343	27,6	62,2	433	52,4	2,6	36,2	3,9	4,9	24
107	180	25	Mimosa	3	343	25,5	63,3	435	54,0	3,1	34,7	3,7	4,4	22
108	180	25	Mimosa	3	346	25,3	64,3	445	56,3	2,8	30,5	3,2	7,1	28
109	49	25	Mimosa	3	351	26,3	54,7	417	53,7	2,8	30,3	7,1	6,2	26
110	3	25	Mimosa	3	370	31,3	28,5	462	36,8	2,3	41,4	13,5	5,9	31
111	90	25	Mimosa	3	219	27,6	61,3	471	47,3	0,7	41,7	3,4	6,9	31
112	10	25	Mimosa	3	373	26,2	48,1	426	42,1	5,3	42,6	4,6	5,4	27
113	90	25	Farmatan	3	368	23,9	66,2	460	55,1	0,9	35,7	3,2	5,1	24
114	90	25	Farmatan	3	363	26,1	59,0	441	46,1	3,2	41,5	4,3	4,9	26
115	90	25	Farmatan	3	366	22,0	65,8	477	58,5	1,8	31,5	2,0	6,2	22
116	90	25	Farmatan	3	364	23,6	67,4	453	50,1	8,7	32,0	4,8	4,4	22
118	90	25	Hornklee	0	286	18,0	60,0	429	50,5	4,4	32,6	6,5	6,0	22
119	90	25	Hornklee	0	291	15,3	68,5	444	59,2	1,0	30,7	3,7	5,4	20
120	90	25	Hornklee	0	295	12,2	79,9	430	67,1	4,8	20,2	1,8	6,1	17
121	180	35	Kontrolle	0	413	17,4	69,6	434	65,7	1,4	25,6	1,3	6,0	21
122	49	35	Kontrolle	0	409	15,1	71,3	438	68,3	0,4	24,5	2,2	4,5	17
123	10	35	Kontrolle	0	412	17,6	62,1	432	58,7	0,5	33,5	2,7	4,7	21
124	90	35	Kontrolle	0	413	17,7	69,9	476	69,1	2,1	21,8	2,5	4,6	18
125	49	35	Kontrolle	0	408	14,9	75,2	489	71,0	2,4	20,4	3,5	2,6	15
126	49	35	Kontrolle	0	439	13,6	75,4	410	60,0	6,0	27,1	2,6	4,3	17
127	90	35	Kontrolle	0	382	14,5	72,8	422	67,3	0,7	24,5	2,5	5,0	17
128	3	35	Kontrolle	0	419	24,6	38,5	446	43,6	3,5	42,2	5,0	5,6	28
129	180	35	Kontrolle	0	414	15,5	74,8	434	65,1	0,1	26,2	2,0	6,6	23
130	10	35	Kontrolle	0	418	17,7	61,4	426	58,0	2,2	32,8	2,6	4,4	20
131	180	35	Kontrolle	0	435	16,4	71,7	443	64,5	3,5	24,1	2,2	5,7	20
132	90	35	Kontrolle	0	421	14,6	74,6	438	67,1	3,1	23,2	1,8	4,9	18
133	10	35	Kontrolle	0	430	17,7	63,3	432	59,8	4,5	28,9	2,0	4,8	19
134	3	35	Kontrolle	0	445	21,4	45,7	427	51,0	2,2	38,2	3,8	4,8	23
135	180	35	Kontrolle	0	445	14,1	76,6	419	62,0	4,8	27,3	1,8	4,2	18
136	3	35	Kontrolle	0	452	22,1	43,3	423	44,7	4,4	40,9	5,0	5,0	25
137	10	35	Quebracho	0,5	463	17,7	57,3	397	55,5	2,1	33,3	4,4	4,7	21
138	3	35	Quebracho	0,5	469	21,6	42,4	397	47,6	3,5	36,6	7,7	4,6	22
139	180	35	Quebracho	0,5	457	13,5	75,8	417	60,7	3,6	28,0	2,8	4,9	19
140	10	35	Quebracho	0,5	465	17,2	58,8	423	58,5	1,7	32,2	2,3	5,3	21
141	90	35	Quebracho	0,5	456	15,4	72,6	463	66,7	2,4	24,0	1,4	5,6	20



142	90	35	Quebracho	0,5	464	17,8	67,0	409	62,5	0,1	29,2	2,6	5,5	23
143	3	35	Quebracho	0,5	430	22,3	41,8	449	50,7	0,2	39,5	4,6	5,0	24
144	180	35	Quebracho	0,5	432	15,1	72,2	415	61,1	3,4	27,6	0,2	7,6	26
145	180	35	Quebracho	0,5	443	15,5	72,8	416	60,5	3,2	28,5	3,4	4,4	18
146	90	35	Quebracho	0,5	271	15,2	74,6	427	66,1	1,0	24,7	2,8	5,4	19
147	3	35	Quebracho	0,5	411	21,6	43,9	429	44,5	7,2	38,4	5,2	4,7	23
148	49	35	Quebracho	0,5	421	16,5	71,0	444	65,9	2,8	24,4	1,2	5,8	20
149	49	35	Quebracho	0,5	422	15,6	70,1	430	64,3	4,4	24,7	1,0	5,6	18
150	10	35	Quebracho	0,5	474	16,2	63,9	420	56,1	2,8	32,3	4,0	4,9	21
151	180	35	Quebracho	0,5	420	18,4	68,1	472	64,5	3,3	23,9	3,1	5,2	20
152	49	35	Quebracho	0,5	422	15,6	71,6	456	61,5	3,4	28,2	1,7	5,2	20
153	49	35	Quebracho	1,5	453	15,6	68,8	441	63,2	1,7	28,3	2,5	4,3	18
154	3	35	Quebracho	1,5	475	21,0	50,6	449	59,2	0,4	33,0	1,5	5,9	24
155	10	35	Quebracho	1,5	479	18,8	57,0	408	51,9	3,3	37,5	2,1	5,4	23
156	3	35	Quebracho	1,5	481	24,3	38,0	404	43,1	2,7	37,8	5,2	5,2	26
157	10	35	Quebracho	3	509	24,7	38,9	411	37,6	1,0	45,3	4,2	7,0	31
159		35	Quebracho	1,5	484	20,2	57,9	441	57,0	2,4	48,9	1,3	5,6	22
160	49	35	Quebracho	1,5	429	19,1	68,1	433	62,3	3,6	32,5	4,5	3,3	16
161	90	35	Quebracho	1,5	470	17,9	65,6	436	62,0	2,8	27,1	1,0	6,2	22
162	180	35	Quebracho	1,5	427	17,9	69,1	434	64,4	3,3	27,4	4,1	4,9	19
163	180	35	Quebracho	1,5	416	17,3	70,7	453	61,6	1,8	24,8	2,3	7,2	26
164	49	35	Quebracho	1,5	425	17,0	67,5	436	64,0	2,2	26,6	2,8	4,3	18
165	90	35	Quebracho	1,5	470	18,3	67,0	404	58,4	0,9	28,1	1,0	7,8	28
166	90	35	Quebracho	1,5	484	16,4	71,2	424	60,8	3,0	29,8	2,1	5,9	21
167	3	35	Quebracho	1,5	464	21,7	43,7	420	46,1	2,6	28,6	3,7	5,2	25
168	10	35	Quebracho	1,5	479	19,9	56,6	412	51,5	1,0	44,0	2,8	4,2	21
169	49	35	Quebracho	3	491	18,4	62,4	420	55,6	3,5	38,0	3,3	4,8	21
170	90	35	Quebracho	3	489	18,4	61,4	433	60,5	3,8	32,5	3,1	4,8	20
171	10	35	Quebracho	3	500	21,5	49,6	412	51,4	1,6	30,1	4,1	4,5	22
172	90	35	Quebracho	3	474	19,7	61,4	449	59,2	0,8	39,3	1,5	5,9	24
173	10	35	Quebracho	3	499	21,6	49,9	400	46,0	0,4	33,0	1,8	6,2	27
174	90	35	Quebracho	3	486	19,3	64,1	429	59,6	3,5	42,6	2,0	6,0	21
175	3	35	Quebracho	3	505	24,4	36,8	429	42,0	3,6	28,8	4,7	6,6	29
177	3	35	Quebracho	3	499	24,6	34,4	444	42,8	3,2	43,5	4,6	5,1	27
178	49	35	Quebracho	3	491	15,3	74,5	421	58,4	3,2	44,4	2,3	5,1	21
179	180	35	Quebracho	3	478	21,4	58,7	446	52,9	0,7	33,5	3,4	5,8	25
180	180	35	Quebracho	3	499	20,2	60,8	431	56,9	2,7	35,2	4,5	5,6	22

181	3	35	Quebracho	3	499	24,2	37,0	434	45,8	3,4	29,7	3,6	5,5	26
182	49	35	Quebracho	3	507	18,8	60,2	455	52,9	2,6	42,5	4,0	5,8	25
183	10	35	Quebracho	3	496	21,4	49,6	401	45,9	3,7	33,6	4,3	5,0	25
184	180	35	Quebracho	3	479	17,5	67,6	429	57,3	3,7	41,1	4,1	6,1	23
185	90	35	Mimosa	0,5	449	16,5	67,0	388	62,6	4,7	27,8	4,5	3,2	17
186	10	35	Mimosa	0,5	452	17,7	56,9	406	55,2	0,1	29,7	2,9	4,4	20
187	180	35	Mimosa	0,5	453	17,6	66,2	449	61,5	2,8	34,7	2,2	5,4	21
188	49	35	Mimosa	0,5	449	15,7	69,8	415	55,4	2,9	28,0	3,2	4,7	21
189	180	35	Mimosa	0,5	449	16,2	69,2	422	59,9	4,0	32,7	3,6	4,6	19
190	90	35	Mimosa	0,5	387	17,9	71,3	466	64,9	1,1	30,8	2,5	6,1	21
191	3	35	Mimosa	0,5	391	24,1	43,5	427	45,8	4,6	22,0	2,7	6,3	28
192	49	35	Mimosa	0,5	381	16,0	71,7	451	66,4	3,4	41,9	1,8	4,8	17
193	10	35	Mimosa	0,5	447	20,8	54,2	423	53,4	3,3	23,7	2,9	5,5	23
194	180	35	Mimosa	0,5	434	16,6	68,8	429	61,7	1,7	36,6	0,7	7,7	26
195	10	35	Mimosa	0,5	455	17,0	59,3	418	50,2	2,3	27,6	2,4	5,9	22
196	3	35	Mimosa	0,5	398	19,9	51,9	426	46,5	7,3	34,2	4,2	5,2	22
197	90	35	Mimosa	0,5	388	16,2	65,9	447	65,9	6,6	37,5	3,5	4,0	16
198	49	35	Mimosa	0,5	392	16,4	69,6	450	65,4	1,0	25,6	2,1	4,7	18
199	180	35	Mimosa	0,5	380	16,6	72,9	412	64,0	2,2	25,6	1,9	5,6	19
200	3	35	Mimosa	0,5	389	23,6	42,3	417	47,9	1,5	27,0	3,8	4,2	22
201	3	35	Mimosa	1,5	401	23,8	41,3	425	48,0	4,1	39,9	5,1	4,9	22
202	90	35	Mimosa	1,5	384	19,7	69,9	426	64,5	5,3	36,7	2,1	6,3	21
203	180	35	Mimosa	1,5	384	19,8	70,2	430	62,6	0,9	26,2	2,8	4,8	19
204	10	35	Mimosa	1,5	390	20,4	60,8	424	50,7	0,8	29,0	3,3	4,9	23
205	49	35	Mimosa	1,5	384	19,6	64,3	433	59,7	5,1	36,0	2,4	4,9	21
206	90	35	Mimosa	1,5	385	20,1	68,2	438	65,4	0,5	32,5	1,4	5,5	20
207	90	35	Mimosa	1,5	386	18,4	72,0	416	62,9	0,6	27,1	3,4	4,5	17
208	10	35	Mimosa	1,5	399	20,4	57,3	425	56,5	2,6	26,6	2,3	5,5	23
209	3	35	Mimosa	1,5	394	26,0	35,5	435	43,5	0,3	35,5	5,8	4,9	25
210	180	35	Mimosa	1,5	392	20,5	66,1	439	62,9	4,1	41,7	2,3	5,2	20
211	49	35	Mimosa	1,5	390	17,6	70,9	416	62,3	2,1	27,5	4,0	3,5	15
212	3	35	Mimosa	1,5	410	25,2	37,2	429	46,9	4,1	26,1	6,2	5,2	26
213	180	35	Mimosa	1,5	385	19,1	68,4	450	66,7	0,2	41,4	1,3	5,8	20
214	10	35	Mimosa	1,5	394	19,1	59,1	430	56,1	0,1	26,1	1,9	6,5	22
215	180	35	Mimosa	1,5	392	18,8	71,0	430	61,9	3,8	31,7	4,2	5,1	19
216	49	35	Mimosa	1,5	380	16,5	71,1	429	62,5	1,9	26,8	2,1	5,2	19
217	10	35	Mimosa	3	396	21,0	55,9	429	53,3	3,3	26,9	5,7	3,7	19

<b>218</b>	180	35	Mimosa	3	392	22,8	63,7	419	56,3	3,2	34,1	3,1	5,6	22
<b>219</b>	90	35	Mimosa	3	404	21,3	64,9	415	56,8	2,8	32,2	4,6	5,5	22
<b>220</b>	180	35	Mimosa	3	393	20,7	66,4	424	57,7	2,4	30,7	3,3	5,2	21
<b>221</b>	90	35	Mimosa	3	395	20,9	65,1	406	57,5	2,5	31,3	4,6	4,3	19
<b>222</b>	3	35	Mimosa	3	402	24,8	41,0	412	43,6	1,9	31,7	6,7	5,3	25
<b>223</b>	49	35	Mimosa	3	392	21,8	63,2	442	58,6	1,3	43,2	2,1	5,4	21
<b>224</b>	90	35	Mimosa	3	396	19,7	65,2	436	62,1	2,5	31,4	7,9	5,5	20
<b>225</b>	3	35	Mimosa	3	404	28,8	35,2	428	40,4	1,5	23,0	5,2	4,9	28
<b>226</b>	10	35	Mimosa	3	401	24,4	49,6	438	49,6	2,3	47,1	5,0	5,6	24
<b>227</b>	180	35	Mimosa	3	393	23,3	62,3	427	53,1	4,0	35,8	2,1	7,1	28
<b>228</b>	49	35	Mimosa	3	394	20,8	64,0	433	59,8	3,7	34,1	3,1	5,1	20
<b>229</b>	49	35	Mimosa	3	394	18,2	69,5	422	58,2	2,2	29,8	2,9	4,3	19
<b>230</b>	10	35	Mimosa	3	398	26,7	43,1	417	45,0	1,8	32,8	5,4	5,4	25
<b>231</b>	3	35	Mimosa	3	405	28,6	32,8	444	43,0	5,9	38,2	5,4	5,8	28
<b>232</b>	180	35	Mimosa	3	394	21,7	63,8	413	58,2	2,4	43,5	2,1	5,5	20
<b>233</b>	90	35	Farmatan	3	401	20,3	66,7	405	58,6	4,3	29,9	2,7	5,1	20
<b>234</b>	90	35	Farmatan	3	403	21,4	65,8	450	56,4	1,5	32,1	3,9	4,3	22
<b>235</b>	90	35	Farmatan	3	402	24,2	63,0	435	56,6	0,3	35,2	3,2	5,6	24
<b>236</b>	90	35	Farmatan	3	402	20,2	66,9	432	59,6	2,2	32,4	5,6	5,3	21
<b>237</b>	90	35	Hornklee	0	482	14,1	69,7	412	61,6	0,7	28,8	4,6	5,6	17
<b>238</b>	90	35	Hornklee	0	434	12,4	74,7	393	63,6	0,7	27,6	3,2	5,7	14
<b>240</b>	90	35	Hornklee	0	439	16,2	64,2	416	52,3	6,3	21,1	8,6	4,5	19

## 10.4 Anhang- Diskussion

**Tabelle 87: GUO et al. (2008) – Rohproteinfraktionen der einsilierten Luzerne – Auszug**

Behandlung	Rohproteinfraktionen (g/kg Rohprotein)				
	Fraktion A	Fraktion B1	Fraktion B2	Fraktion B3	Fraktion C
Ausgangsmaterial	150 <sup>g</sup>	570 <sup>a</sup>	135 <sup>cd</sup>	19,5 <sup>d</sup>	125 <sup>c</sup>
Angewellktes Futter	171 <sup>f</sup>	554 <sup>a</sup>	145 <sup>c</sup>	27,1 <sup>d</sup>	103 <sup>e</sup>
Heu	287 <sup>e</sup>	34,4 <sup>d</sup>	411 <sup>a</sup>	154 <sup>b</sup>	110 <sup>cd</sup>
Einsiliertes Futter					
Kontrolle	684 <sup>a</sup>	14,6 <sup>c</sup>	146 <sup>c</sup>	32,6 <sup>d</sup>	123 <sup>bc</sup>
Ameisensäure	507 <sup>c</sup>	111 <sup>c</sup>	110 <sup>ef</sup>	140 <sup>b</sup>	127 <sup>b</sup>
Formaldehyd	572 <sup>b</sup>	149 <sup>b</sup>	102 <sup>f</sup>	34,1 <sup>d</sup>	143 <sup>a</sup>
Tanninsäure	575 <sup>b</sup>	134 <sup>b</sup>	122 <sup>de</sup>	20,8 <sup>d</sup>	148 <sup>a</sup>
Ameisensäure + Formaldehyd	434 <sup>d</sup>	97,7 <sup>c</sup>	134 <sup>cd</sup>	216 <sup>a</sup>	118 <sup>bc</sup>
Ameisensäure + Tanninsäure	437 <sup>d</sup>	108 <sup>c</sup>	182 <sup>b</sup>	146 <sup>b</sup>	119 <sup>bc</sup>
Formaldehyd + Tanninsäure	511 <sup>c</sup>	104 <sup>c</sup>	187 <sup>b</sup>	80 <sup>c</sup>	118 <sup>bc</sup>
S.E.M.	27,2	28,6	12,8	12,4	2,5

abdefg: Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

**Tabelle 88: PRIES und MENKE (2014 – gekürzte Darstellung) – Nährstoffgehalte sowie Verdaulichkeit und Energiegehalte von der Kontrollration und den mit Tanninen angereicherten Futtermischungen**

Futter /Prüfparameter	Einheit	Kontrolle	1 % Tannin	3 % Tannin	5 % Tannin
Trockenmasse	g/kg	890	900	899	899
Rohasche	g/kg TM	64	64	68	62
Rohprotein	g/kg TM	287	283	266	291
Rohfett	g/kg TM	61	61	60	49
Rohfaser	g/kg TM	96	92	90	83
Organischer Rest	g/kg TM	780	782	782	805
Zucker	g/kg TM	58	61	66	59
aNDFom	g/kg TM	246	232	232	190
ADFom	g/kg TM	120	124	129	115
Gasbildung	ml/200g TM	52,2	50,6	47,4	42,7
ELOS	%	82,5	82,6	81,6	83,3
ME	MJ/kg TM	13,2	13,0	12,6	12,4
NEL	MJ/kg TM	8,39	8,25	7,87	7,70
Nutzbares Rohprotein	g/kg TM	152	178	196	202
RNB	g N/kg TM	21	17	11	15
Verdaulichkeit der Originalsubstanz	in %	82,2 $\pm$ 1,16	77,6 $\pm$ 3,90	65,1 $\pm$ 2,54	58,9 $\pm$ 5,10
des Rohproteins	in %	83,3 $\pm$ 1,82	78,0 $\pm$ 4,68	69,5 $\pm$ 1,14	66,4 $\pm$ 3,18
des Rohfettes	in %	93,3 $\pm$ 1,73	96,4 $\pm$ 3,55	92,3 $\pm$ 11,09	97,0 $\pm$ 5,58
der Rohfaser	in %	37,7 $\pm$ 3,11	23,9 $\pm$ 12,48	1,3 $\pm$ 2,64	7,3 $\pm$ 14,56
aNDFom	in %	55,0 $\pm$ 4,92	35,5 $\pm$ 11,58	15,9 $\pm$ 9,14	1,8 $\pm$ 3,59
ADFom	in %	26,7 $\pm$ 1,54	4,4 $\pm$ 8,45	0,0*	0,0*
ME (an Hammeln bestimmt)	MJ/kg TM	12,89 $\pm$ 0,14	12,27 $\pm$ 0,55	10,59 $\pm$ 0,18	9,68 $\pm$ 0,61
NEL	MJ/kg TM	7,89 $\pm$ 0,11	7,51 $\pm$ 0,42	6,28 $\pm$ 0,13	5,63 $\pm$ 0,43

\* Werte größer 100 = 100 gesetzt und negative Werte gleich 0 gesetzt.

## **Danksagung**

Ohne die Mithilfe und Unterstützung verschiedener Institutionen, Einrichtungen, Wirtschaftspartnern sowie Personen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ich möchte als erstes meinen beiden Betreuern und Gutachtern PD Dr. Helmut Schafft sowie Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum für ihre fachliche Betreuung sowie ihre Zeit danken.

Als nächstes möchte ich mich bei Prof. Dr. Olaf Steinhöfel, der diese Arbeit erst möglich machte, mich mit seinem Wissen und zielführenden Diskussionen unterstützt sowie das BLE-Projekt „Tannisil“ vorangetrieben hat, Dr. Siriwan Martens, Brigitte Fröhlich und Frank Püschel, die mich bei der Durchführung der Silierversuche unterstützt haben, sowie allen weiteren beteiligten Personen des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie bedanken.

Danke an Dr. Wolfram Richard sowie Stefanie Muche vom LKS für ihre Analysen sowie die Beantwortung meiner vielen Fragen.

Weiterhin danke ich den Mitarbeitern der Firma Dr. Pieper, die durch kritische Fragen und Anregungen die Fragestellung bereichert haben. Außerdem wäre das BLE-Projekt „Tannisil“ ohne einen zweiten Wirtschaftspartner nicht möglich gewesen.

Allen Mitarbeitern der Fachgruppe 84 des Bundesinstituts für Risikobewertung möchte ich für die Unterstützung in der Zeit während des zweiten Projektabschnittes der Projektstelle im BLE-Projekt „Tannisil“ sowie für die konstruktive Zusammenarbeit danken.

Die statistische Auswertung wurde durch das Fachgebiet Biometrie und Versuchswesen der Humboldt-Universität zu Berlin und vor allem durch die kompetente Unterstützung von Frau Dr. Bärbel Kroschewski unterstützt. Vielen Dank dafür.

Weiterhin danke ich Frau Dr. Kirsten Weiß für die fachliche Unterstützung bei speziellen Silierfragen.

Ein großer Dank gilt jenen, die die vorliegende Arbeit Korrektur gelesen haben.

Nicht zuletzt wäre die Arbeit ohne die Unterstützung der Familie nicht möglich gewesen, die mir die Freiräume schuf und meine Launen in kritischen Phasen ertragen hat.

**Erklärung**

Hiermit erkläre ich, die Dissertation selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfen und Hilfsmittel angefertigt zu haben. Ich habe mich anderwärts nicht um einen Doktorgrad beworben und besitze keinen entsprechenden Doktorgrad. Ich erkläre, dass ich die Dissertation oder Teile davon nicht bereits bei einer anderen wissenschaftlichen Einrichtung eingereicht habe und dass sie dort weder angenommen noch abgelehnt wurde. Ich erkläre die Kenntnisnahme der dem Verfahren zugrunde liegenden Promotionsordnung der Landwirtschaftlich Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin vom 14.07.2005. Weiterhin erkläre ich, dass keine Zusammenarbeit mit gewerblichen Promotionsbearbeiterinnen/Promotionsberatern stattgefunden hat und dass die Grundsätze der Humboldt-Universität zu Berlin zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis eingehalten wurden.

---

Ort, Datum und Unterschrift